

Viimase kümne aasta läbimurded

Inimgenoom, eksoplaneedid, grafeen ja palju muud - asjatundjad võtavad kümnendi kokku.



TARKADE

ERINUMBER 2010

Hind 43.00 kr (2.75 €)

KLUBI

ERINUMBER

21.

sajandi avastused



9 771736 482026

Esseed: Richard Villems, Kristjan Port
Toivo Maimets, Tarmo Soomere jpt

Aastaiülevaated
2001-2009

Ilmunud on selle aasta parim autoraamat.

Ideautode loojad
vaatavad alati hulk
aastaid ette.
Mis praegu paistab
ulmeline, võib
aastate pärast seista
tavakodaniku
garaažiteel.



Telli nüüd Eesti
nimekaima
autoajakirjaniku
Margus-Hans Kuuse
koostatud ülevaatlik
teos autoajaloo
silmapaistvamate
ideeautodest.

Raamatu hind tellijale

vaid **199.-**
12,72 €
(poes 249.-)
15,91 €

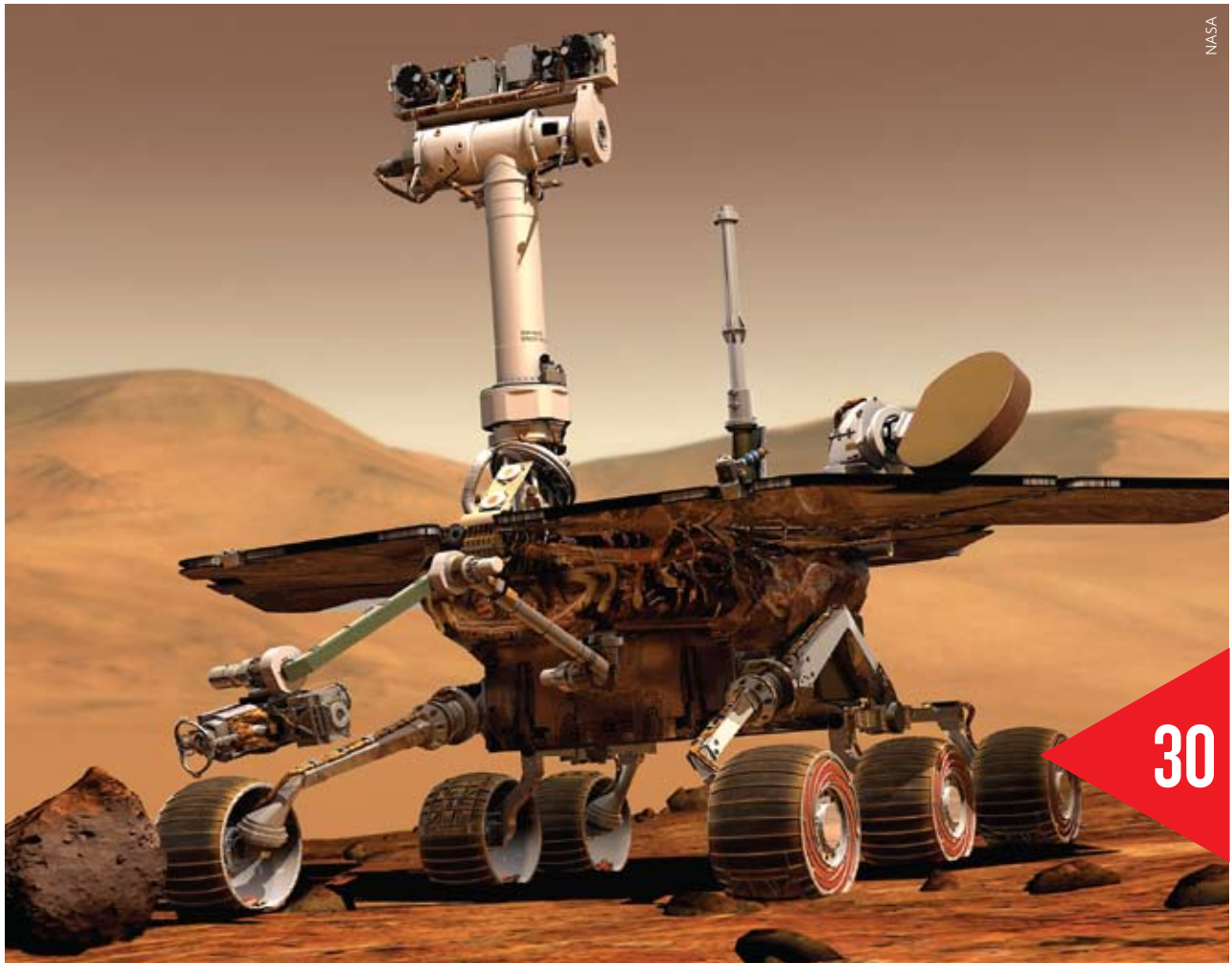
Raamatu tellimiseks on kolm lihtsat viisi:

- helista numbrile 660 9797,
- saada e-kiri tellimissooviga
aadressile levi@presshouse.ee,
- mine aadressile www.telli.ee/telli/50ideeautot
ja vormista tellimus.

telli.ee
HEAD AJALOO
HETI RAAMATU



TARKADE KLUBI



NASA

30

5 Mineviku ennustamine

Toimetaja veerg

8 Aastakümme tiksib täis

Tarkade Klubi erinumber võtab vaatluse alla viimase kümne aasta arengud ja saavutused teaduses ja tehnoloogias.

56 Mis olid Eesti teaduse saavutused?

Mil moel otsida viimase kümne aasta Eesti teaduse tähtsusi?

AASTAÜLEVAATED

14 Elektroonikasse astuvad molekulid

2001

18 Väikesed RNAd astuvad areenile

2002

24 Universumi portree sai selgemad jooned

2003

30 Kulgurid töid kinnituse Marsi veele

2004

36 Evolutsioon tabati tööhoos

2005

42 Geniaalse matemaatiku mõistatus

2006

48 Geneetiline isikupära tõuseb fookusse

2007

54 Rakkude muutumise maagia

2008

54 Inimese kauge eellane

2009

TEEMAÜLEVAATED

60 Automaailm 2000–2010: suund kütusesäästule

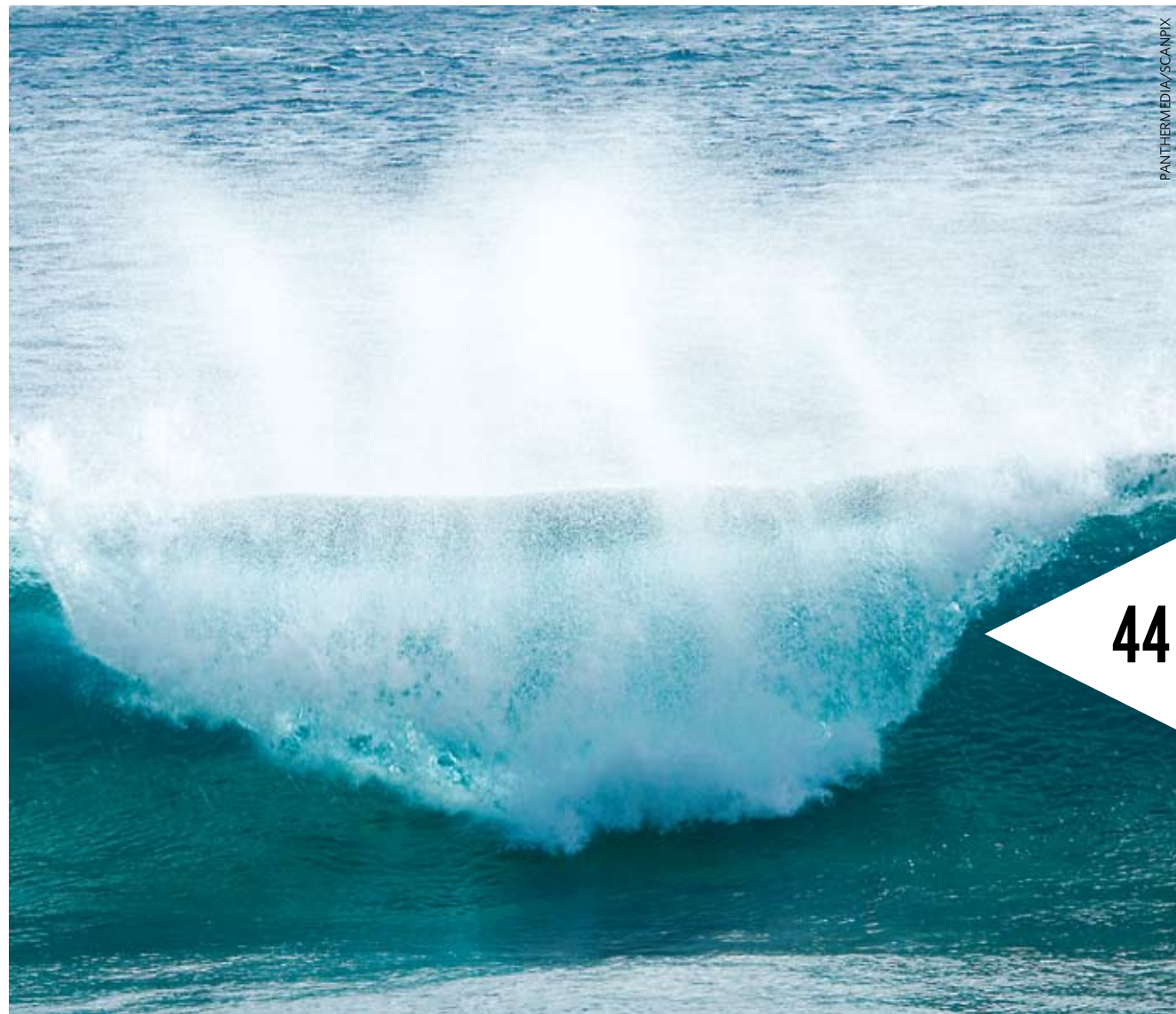
Autolehe tegevtoimetaja Tõnu Korrol annab ülevaate muutustest autotööstuses.

62 14 põhjust, miks maailm pole endine

[digi] peatoimetaja Henrik Roonemaa ja toimetaja Sven Vahar

64 Arvutimaailma kümme aastat töid võrgustumise

Arvutimaailma peatoimetaja Kaido Einama



KOLUMNID

10 Meie genoomis on peidus enamat, kui esmapilgul näeme

Richard Villems

12 Ühiskond ja teadus

Alar Karis

13 Nutikate lahenduste aeg

Andres Keevallik

16 Teaduskümnend: kärbesplaneedid, imepliats, rämpsinihene ja poomatus

Tiit Kändler

20 Bioloogia paradigma on muutumas

Toivo Maimets

21 Massi küsimus

Martti Raidal

22 Teadmised mineviku kliimast

Rein Vaikmäe

23 Maadeavastused ajus

Jaan Ross

26 RNA-maailma avastamine

Mart Saarma

27 Teaduse avanemine avalikkusele

Jüri Allik

28 Teadus 2001–2010: mis meenub?

Jaak Kikas

29 Elu eeldustest energiani

Marek Strandberg

32 Pilk evolutsioonile avardub

Ivar Puura

33 Uus pilt maailmameredest

Henn Ojaveer

34 Hoovõtt müüride lõhkumiseks

Talis Bachmann

38 Uus viis geenide reguleerimiseks

Tanel Tenson

39 Pilk mikromaailma

Jaak Järv

40 Tumeda energia abil naabritele külla

Laurits Leedjärv

44 Hiidlained: meremeeste müütidest tänapäeva tipp tehnoloogiasse

Tarmo Soomere

46 Inimese ja soolebakteri genoomist

Madis Metsis

47 Väikesele ja andekale riigile!

Kristjan Port

50 Molekulide püüdmine

Andres Öpik

51 Arusaam genoomi muutlikkusest

Sulev Kõks

52 Pärilikkus ja kasvatuse

Jaanus Harro

53 Teaduse enesemõistmise muutumine

Toomas Paul

MEELELAHUTUS

66 Ristsõna



Mineviku ennustamine



ARKO OLESK
peatoimetaja

Aina enam edeneb teadus tänu paljude tööruhmade väikestele edusammudele, mis üheskoos annavad kokku midagi suuremat. Aga mida või keda sealt välja tuua, on ilmselt küsimus, mis aina enam hakkab kummitama ka näiteks Nobeli preemia komiteede tööd.

Tuntud Taani füüsik Niels Bohr on öelnud paljutsiteeritud lause: «Ennustada on alati keeruline, eriti tulevikku.» Sellele, et mineviku ennustamine kuigi võrd lihtsam ei ole, on viidanud paljud Eesti teadlased, kel palusime selle aja kirjanumbri jaoks kirja panna arvamuse viimase kümne aasta olulisemate teadusläbimurrete kohta.

Tõepoolest võib kümme aastat olla üsnagi lühike aeg. Seda näitavad ka mitmed avastused ja saavutused, mis mainimist leidsid. Tihti pärinevad nende aluseks olnud ideed, tehnoloogiad ja avastused mitme aastakümne tagant, kuid alles nüüd jõudis nende vaikne areng sinna maani, et saavutas praktilise olulisuse või jõudis silmapaivate tulemusteni.

Samamoodi võis eelmisel kümnendil sündida nii mõndagi, mille tähtsus ja tähendus me veel hinnata ei oska või mille kasutamise aeg pole veel saabunud. Nii võib saja aasta pärast 21. sajandi esimesele kümnendile tagasisivaatav läbimurrete edetabel olla hoopis teistsugune kui praegu tehtav.

Teise raskusena olulisema saavutuse sõnastamisel toodi tihti välja seda, et peaaegu kadunud on see aeg, mil tõesti saime rääkida üksikutest avastustest ja läbimurretest. Aina enam edeneb teadus tänu paljude tööruhmade väikestele edusammudele, mis üheskoos annavad kokku midagi suuremat. Aga mida või keda sealt välja tuua, on ilmselt küsimus, mis aina enam hakkab kummitama ka näiteks Nobeli preemia komiteede tööd.

Neist raskustest hoolimata leidsid meie autorid palju olulisi ja huvitavaid avastusi, saavutusi ja muutusi, mis jäävad lõppevat kümnendit iseloomustama. Mõni toob välja ja kirjeldab pikemalt üht kindlat teemat ja avastust, mõni tõuseb kõrgemale ja kirjutab üldisemate mõtteviiside ja hoiakute muutumisest. Kokku moodustub mitmepalgeline ja üksteist täiendav tekstikogum, milles saab nautida nii nõtket mõtet kui ka koguda uusi teadmisi ja arusaamu.

Loomulikult ei puudu mõnestki artiklist mõtisklev ettevaade järgmisele kümmele aastale. Tulevasi avastusi ennustama keegi ei hakka, pigem tõdetakse ühiselt, et see tuleb ilmselt ootamatust kohast, küll aga kaardistatakse mitmeid probleeme, mis ootavad uusi säravaid lahendusi.

Päris kindlasti võib panustada aga sellele, et tehnoloogia areng jätkab meie hämmastamist täpselt nii, nagu ta tegi seda lõppeval kümnendil. Võib isegi väita, et suur osa sellest, mis viimasel kümnendil aastal saavutati, on pigem tehnoloogiline edasimineku kui hiilgava ja maailmapilti muutva mõttetöö tulemus. Aga eks selle üle võib vaielda. Ehk on nii, nagu ülalpool arutletud: kümme aastat on liiga lühike aeg, et sarnaseid mõttepöördeid tajuda ja tunnustada, nende enda jaoks avastamine võib meil alles ees seista.

Nagu iga kokkuvõte, on ka see erinumber ebatäiuslik. Oli ehk mõndagi, mis väärinuks mainimist või pikemat kajastust. Kuid ärgem võtkem seda edetabelina, vaid lugem seda haarava pilguheiduna teaduse sisse.

A Olesk



**TARCADE
KLUBI**

Address Liimi 1, 10621 Tallinn
tel 661 6186, **faks** 661 6185,
e-post t-klubi@t-klubi.ee
www.facebook.com/tarkadeklubi

TOIMETUS

Peatoimetaja **Arko Olesk**
arko.olesk@presshouse.ee

Toimetaja **Andero Kaha**
andero.kaha@presshouse.ee

Toimetaja **Kristjan Kaljund**
kristjan.kaljund@presshouse.ee

Autotoimetaja **Tõnu Korrol**
tonu.korrol@presshouse.ee

Tehnoloogiatoimetaja **Kaido Einama**
kaido.einama@presshouse.ee

Kujundaja **Aivar Udumets**
aivar.udumets@presshouse.ee

Keeletoimetaja **Piret Reidla**
piret.reidla@presshouse.ee

Kaanefoto **Fotolia**

REKLAAM

Projektijuht **Marko Tiidelepp**
tel 661 6186; 56 695 626

TELLIMINE

- telefonil 660 9797
- e-postiga levi@presshouse.ee

Ajakirja tellimus maksab 399 kr (25.50 €) aastas, otsekorraldusega 39 kr (2.49 €) kuus.

Kiireima viisi tellimuse vormistamiseks leiad internetist:

telli.ee

HEAD AJAKIRJAD
HEA HINNAGA



VALJAANDJA

Presshouse OÜ,
Liimi 1, 10621 Tallinn
tel 661 6186, **faks** 661 6185,
www.presshouse.ee

TRÜKK Unipress

© Presshouse OÜ
Ajakirjas Tarkade Klubi avaldatud tekstide ja fotode avaldamine ükskõik millisel viisil on keelatud ilma väljaandja eelneva kirjaliku loata. Kõik õigused on kaitstud.

Kingime tellijale

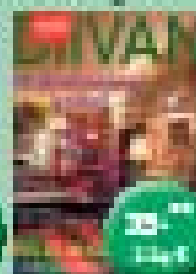
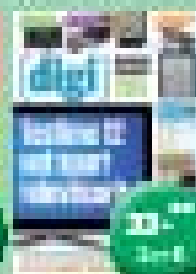
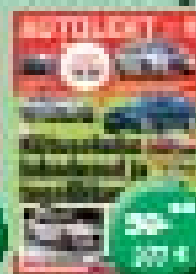
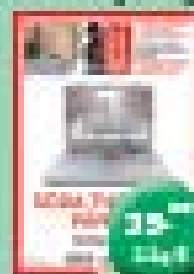


Telli meie valikust vähemalt üks ajakiri ja võida **linnadžiip Dacia Duster**. **Päriseks!** Mida rohkem ajakirju tellid, seda suurem on võiduvõimalus.



Parim linn on ajakirje tellimisel!
Kui oled tellinud eelnevat aastat, saadame sulle kauni laenu, mille saad rahuldada kingituste abil.

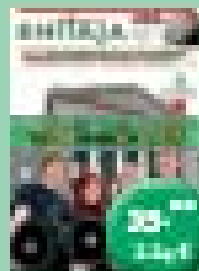
Head ajakirjad hea hinnaga (kustuvad oma tootmisega)



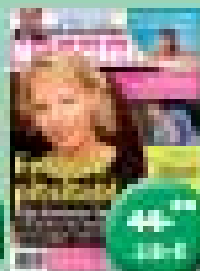
Abc Motors

Dacia Dusteriga saad teada
Abc Motorsi, Raikli m. 105

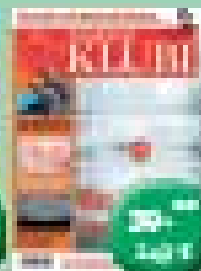
uue linnadžiibi!



Palka mine kaksikümnendikuni
Dacia Dusteri loomisega 04.02.2011



Kampaania on muudetud teie
Interneti aadressi <http://www.telli.ee>



telli.ee

HEA KLASSI
HEA HINNAGA



Ajakeirjate tellimiseks:

- www.telli.ee
- saade-kiri@prasaaduse.ee
- helistades 660-0790



Aastakümme tiksub täis

Mis olid viimase kümne aasta kõige pöördelisemad avastused ja teadussündmused? Tarkade Klubi nopib 21. sajandi esimese kümnendi rikkalikust varamust välja tähtsamad ja huvitavamad palad.

Püüame kümnendit kokku võtta kahel moel. Esmalt küsisime paarikümne Eesti tunnustatud teadlase käest ühe küsimuse: «Milline avastus, saavutus, protsess või mõttesuuna muutus on Teie hinnangul viimase kümne aasta jooksul (2001–2010) maailma teaduses toimunud kõige olulisem ja tähelepanuväärsem?» Nende arvamused, vaated

ja vastused moodustavad sellest numbrist suurema osa.

Teadlaste arvamuste kõrval vaatame möödunud aastatele tagasi läbi ajakirja Science, kus on tavaks iga aasta lõpuks panna kokku aasta teaduslõbimurrite edetabel. Vahendame needki kokkuvõtted aastate kaupa.



KALENDER

Korduma kippuv küsimus

Esmalt tuleks ära öiendada üks alatasa segadust tekitav küsimus - miks võtame aastakümne kokku nüüd, 2010. aasta lõpus, mitte ei teinud seda aasta eest? Ehk: miks algas 21. sajand aastaga 2001, mitte 2000?

Kui vaatame igapäevaelus tihedalt kasutusel olevad asju, nagu kell või joonlaud, on see tõesti loogikavastane. Kümme sentimeetrit saab täis seal, kuhu on kirjutatud number 10; kümme minutit täitub hetkel, kui seier tiksatab 10 peale.

Aastatega on teistmoodi. Kui joonlaual ja kellal alustame lugemist sisuliselt nullist, siis kalendris aasta null puudus. Aastale 1 eKr järgnes aasta 1 pKr. See teeb sama välja, kui saagida joonlaualt otsast esimene sentimeeter või sättida kella numbrilauale 12 asemel 1. Seega täitub kalendris kümme aastat siis, kui vastavat numbrit kandev aasta lõpeb, mitte siis, kui ta algab.

Meie genoomis on peidus enam, kui



RICHARD VILLEMIS

Tartu Ülikooli arheogeneetika professor, Eesti Teaduste Akadeemia president

Genoomika, olgu selle näiteks siis inimgenoomi järjestuse tundmine, on lõppeesmärgiks vaid väga kitsas tähenduses. Häda vajalik on see esmajoones selleks, et senisest märksa edukamalt uurida rakude, organite ja organismide funktsioneerimist nende protsesside kogu keerukuses.

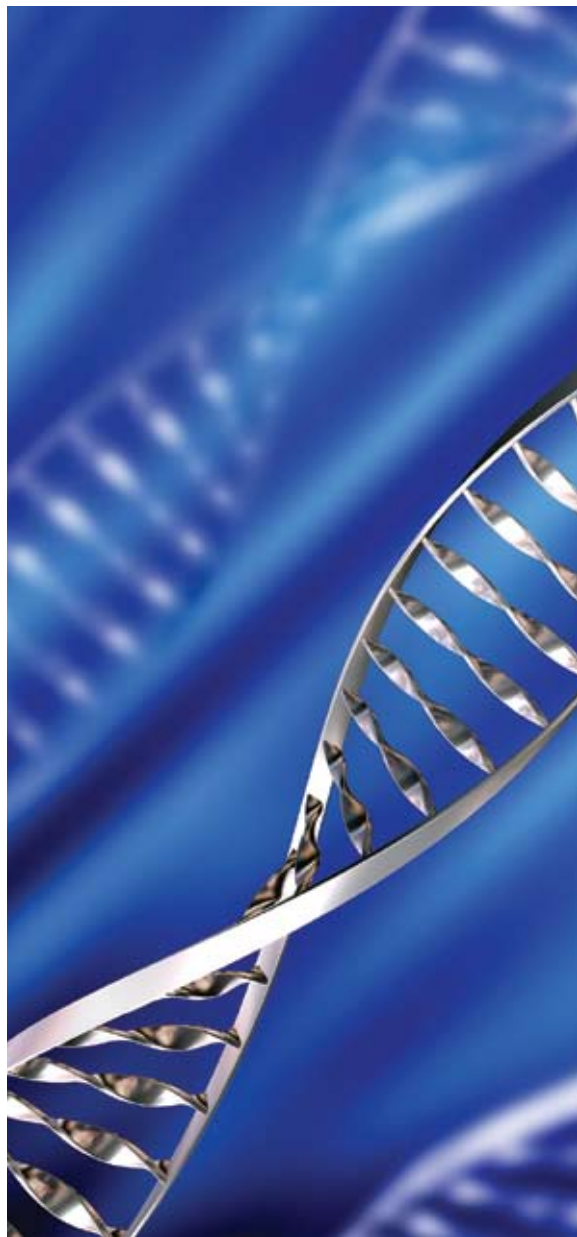
Ma ei kõhkle pakkumaks selleks saavutuseks inimgenoomi «täielikku» sekveneerimist – ligikaudu kolme ja poole miljardi nukleotiidi järjestamist meie kromosoomides, millest enamus on rakus pealegi kahe koopiana. See rajajoon ületati päris aastatuhande algul, 2001. aastal. Järjestus ilmus kahes samaaegses artiklis, vastavalt ajakirjades Nature ja Science. Panen «täieliku» jutumärkidesse põhjusel, et tegelikult on siiamaani inimgenoomi järjestuses kohti, mis pole ühemõtteliselt selged, seda tulenevalt tehnilistest raskustest iseäranis mono-tonsete alade järjestuste selgitamisel.

Neid kaht artiklit on teaduslikus kirjanduses praeguseks viidatud üle 13 000 korra. Kuid olemuslikult pole ju tegemist avastusega, vaid poole tuhande vahetu kaasautori pikaajalise töö (peaaegu) lõpptulemuse kokkuvõttega artikli vormis. See oli nagu pilvelõhkuja ehitus – aeganõudev, tohutult kulukas. Kuigi telliskivid ja betoon, klaas ja metallid olid ammuilma tuntud või leiutatud ning kogemus mõnevõrra madalamate majade ehitamisega igati olemas.

Ühe (mõne üksiku) inimese genoomi järjestuse avaldamise fakt artiklina ei ole iseenesest teab mis uute suurte avastustega seotav mitmel põhjusel. Esiteks oli selleks ajaks juba teada mitmete mikroobide ja tuumraksete, sealjuures kahe hulkrakse organismi (*C. elegans* 1998. a ja *D. melanogaster* 2000. a) genoomi järjestus. Teisalt oli tegemist ju enam kui aastakümne väldanud uurimusega, mis ilmumise ajaks oli paljudele juba olulisel määral tuttava sisuga.

Tuleb eristada enam kui üht aspekti. Kõõgi-poollega kokkupuutuva praktikuna, kuid samas esmajoones laias plaanis evolutsiooniga seotud probleemide vastu huvi tundva inimesena rõhutaaksin tehnilist progressi selle kahes peasuunas: instrumendid ja informaatika. Mõelge ise – eelmise sajandi kuueteistkümnendate alul lendas Gagarin juba lähikosmoses, kümnendi lõpul viisid ameeriklased ellu Apollo programmi ja Nobeli preemia meie erialal anti 1968 teadlasele (R. W. Holley), kelle labor selgitas välja transport-RNA nukleotiidsüsteemi. Selle pikkuseks oli umbes 70 nukleotiidi. 1995. aastal nägi ilmavalgust *Haemophilus influenzae* – esimene elava organismi genoom oma 1,8 miljoni aluspaari pikkuse järjestusega, kuid selle saavutuse eest ei antud Robert Fleischmannile isegi mitte Nobeli preemiat. Nüüdseks on järjestatud üle tuhande bakterite genoomi. Reisisid Kuule on ammuilma minevik, kuid eri liikide genoomide järjestusi ilmub andmebaasidesse juurde järjepanu kiirenevas tempos. Äsja publitseeriti kalkuni genoomi täisjärjestus.

Üks jooksvatest suurtest ettevõtmistest on nn tuhande inimgenoomi projekt, mis edeneb täie hooga. Siinkohal on aga õige teha selget vahet nn järel- ja *de novo* (esmakordse – toim.) sekveneerimise vahel. Inimgenoomi esimeste täisjärjestuste selgitamine avas tee ühe põhilise arengusuuna edenemisele – geenide varieer-



mise uurimisele inimkonnas tervikuna. On kvalitatiivne erinevus, vähemasti seni veel, uue liigi (eriti tuumrakse) genoomi selgitamise ja juba tuntud genoomi resekveneerimise vahel. Küsimus ei ole arusaadavalt ühe ehk teise lähenemise teaduslikus väärtuses – seda määrab eesmärgi teaduslik uudsus ja olulisus.

Genoomide (ja igasugu -oomide – proteoomide, transkriptoomide jne) alase uurimistöö teiseks sambaks on sellisuunalise infotehnoloogia areng kõige laiemas mõttes. See temaatika nõuab spetsiaalset artiklit, kuid lihtsa kujundliku vihjena – ka tagasihooldliku suurusega genoomikakeskused peavad arvestama arvutimälu vajadusega, mida mõõdetakse petabaitides (10^{15} baiti) ning arvuti enda juures paralleelsusega, mis koosneb tuhandetest protsessoritest.

Genoomikaga seotud tegelikkusel ongi kol-



esmapilgul näeme



PANTHERMEDIA/SCANPIX

Reisid Kuule on minevik, kuid eri liikide genoomide järjestusi ilmub juurde järjepanu kiirenevas tempos.

mas oluline tahk. Pole kahtlust, et genoomika areng oli kõige olulisemaks tõukejõuks terve seeria «oomikate» tekkele. Transkriptoomika (geenidelt kopeeritud erinevate RNAde sordid ja hulga hindamine) on neist kõige vahetumalt seotud genoomikaga, samuti alles arengu alguses olev metüloomika (kromosoomipiirkondade «aktiivsuse» hindamine). Proteoomika (esmajoones raku poolt toodetavate valkude totaalne kataloogimine funktsiooni seisukohalt) on mitte üks kindel meetod, vaid plejaad vägagi erinevaid lähenemisi nii instrumentaalselt kui ka esitavate küsimuste mõttes. Samas mitmed selle arendused, eriti *in silico* (arvutipõhised – toim.), toetuvad sageli «toorandmete» saamiseks genoomikast tulenevale teadmisele. Ning metaboolomika (ainevahetusraja uurimine) tervikuna haarab endasse samuti teadmise genoomikast.

On olemas sadu ja sadu konkreetseid uurimissuundi, inimese puhul esmajoones seoses nn komplekssete haigustega, mis on saanud võimalikuks tänu inimgenoomi järjestamisele. See töö edeneb aeglaselt, samas siiski järjekindlalt. Pigem on oluline rõhutada, et genoomse info koht ongi olla esmaseks initsiaatoriks, märklaua identifitseerijaks. Tegelik arendustöö on juba midagi palju konkreetsemat ja pigem teiste «oomikate» pärusmaa, kus sageli kasutatakse küll geenitehnoloogiat, mitte aga genoomikat *sensu stricto* (kitsas tähenduses – toim.).

Mu enda põhiliseks teaduslikus huviks on viimase tosina aasta jooksul olnud inimkonna geneetilise varieerumise tekkega seotu. Esmajoones eesmärgil mõista seda, kuidas inimene asustas maailma. Teiseks selleks, et püüda näha asustamisega ja arenguga kaasas käinud looduslikku valikut. Meid huvitavate küsimuste lahendamiseks kammime praegu sadade ja tuhandete inimeste terviklikku genoomi rutiinselt kammiga, kus on ca pool miljonit piid. Küsimus pole mitte pelgalt neis numbrites, vaid küsimust silmas pidades asjaolu, et need piid on valitud välja tänu inimgenoomi «tüüpjärjestuses» olevale informatsioonile ja sealt alanud ülemaailmsele jõupingutusele otsida aafriklaste, eurooplaste ja aasia inimeste hulgast variatsioonid (esmajoones nn üksikuid punktmutatsioone – s.o ühenukleotiidiseid muutusi), mis oleksid piisavalt sagedased (esineks näiteks veel protsendil elanikest), kuid samas ka iseloomulikumid regioonile.

Paradoks peitub aga hoopis selles, et inimkonna demograafilise ajaloo uurimisel on hulgem küsimusi, sealjuures olulisi, mis vajaks vahet vahet tuhatkonda markerit selleks, et jõuda selgete järeldusteni. Kummati on nii, et selle tuhande leidmiseks on vaja viia esmane kammimine läbi tuhat korda tihedamalt ja nii saadud tulemustest otsida välja informatiivne alahulk. Mitte just päris nõela otsimine heinakuhjast, kuid sinnapoole. Ma toon siin «moodsa klassika» hulka kuuluva näite. Formuleeringu mõttes lihtne ülesanne: millised geenivariandid võimaldavad suure täpsusega ennustada inimese kasvu? Pea pooleteisesaja aasta eest suutis Francis Galton, eugeenika pioneer ja Charles Darwini lähisugulane, ennustada inimlapse täisea kasvu

ette umbes 60–70protsendilise täpsusega. Ta toetus esmajoones kergelt mõõdetavale ja kulude mõttes tühisele teadmisele lapse vanemate ja suguselsti kasvust.

Moodne geenitehnoloogia suutis mõne aja eest tuvastada umbes nelikümmend geeni, mille konkreetset variandid suudavad seletada paraku vaid viis protsenti kasvuga seotust. Pärilise hiljaaegu, kasutades veelgi võimsamat (ja kallimat) uuringut, suudeti ennustusvõimet parajasti vaid kahekordistada. Jah, me võime väita, et inimgenoomis on ligikaudu 27 000 geeni, kuid häirivalt paljudel juhtudel ei ole meil mingit selget teadmist, mida nad endast kujutavad, millist ülesannet täidavad. Selgus saab tulla esmajoones läbi biokeemia ja füsioloogia arengu.

Mida see näitab? Peaasjalikult seda, et genoomika, olgu selle näiteks siis inimgenoomi järjestuse tundmine, on lõppeesmärgiks vaid väga kitsas tähenduses. Miski ei asenda seda teadmist, ta on hädavajalik ja erakordse heuristilise võimsusega. Mitte ühehõlpselt, vaid pidevalt. Kuid hädavajalik esmajoones selleks, et senisest märksa edukamalt (õigemini – edukalt selle sõna absoluutses tähenduses) uurida rakkude, organite ja organismide funktsioneerimist nende protsesside kogu keerukuses.

Senise genoomika, täpsemalt sellest sirgunud transkriptoomika üheks huvitavamaks saavutuseks (NB! – tegemist on mu subjektiivse arvamusega) on tähelepanek, pigem küll empiirikal põhinev oletus, mille kohaselt on primaatidel ajutegevuse evolutsioon toimunud sellega seonduvate geenide aktiivsuse regulatsiooni läbi. Seega mutatsioonidega genoomi neis osades, mis kontrollivad geenide aktiivsust, samas kui «kehalisi funktsioone» kindlustavate geenide puhul on tegemist esmajoones muutustega geenides endis – mutatsioonidega, mis on muutnud geenide poolt kodeeritavate valkude aminohappelist järjestust.

Just sedalaadi esimesed tagasihoidlikud sammud suuremate üldistuste poole lubavad eeldada, et meie genoomis on peidus palju enam, kui esmapilgul näeme. Kuid samuti seda, et genoomis peituvat informatsiooni mõistmiseks ei piisa kaugeltki teadmisesest, missuguses järjekorras on neli nukleotiidi reastunud paarikümnes kaksikheeliks kogupikkusega kolm miljardit tähe märki. Seega metataseandil saab olema pööraselt huvitav teada, kui suur ennustusvõime pelgal nukleotiidide genoomsel järjestusel tegelikult on. Teisisõnu – kui pikk saab olema kaarliikumine läbi teiste uurimissuundade selleks, et mõista täiuslikult molekuli, mis aastamiljardite jooksul on end kopeerinud ja pärandunud põlvest põlve? Lastes sealjuures läbi väikesi vigu, millest omakorda mingi osa on olnud igimuutuva keskkonnaga kohanemise aluseks.

VAATA LISAKS:

- Artiklid ajakirjas Nature: <http://www.nature.com/nature/journal/v409/n6822/index.html>
- Artiklid ajakirjas Science: <http://www.sciencemag.org/content/vol291/issue5507/index.dtl>

Ühiskond ja teadus



ALAR KARIS

Tartu Ülikooli rektor, molekulaargeneetik ja arengubioloog

Avastustega on tihti nii, et need on pigem – eriti viimasel ajal – tehnoloogiline areng. Ma ei ole väga kindel, kas oleme saanud väga palju targemaks. Teadmine on ikka olemas olnud ja ka täppis- ja loodusteadustes on paljud hüpoteesid juba varem püstitatud.

Viimase kümne aasta kõige pöördelisemaid sündmusi küsida on lihtne, eks neid näitab ajalugu. Need asjad, mis läbi murdana jõudsid avalikkuse ette viimasel kümnel aastal, said alguse reeglina tunduvalt varem.

Kui püüan jääda oma eriala raamidesse, siis praegusele eelnenud kümnendi läbimurre oli kindlasti kloonimine. Selle kümnendi oma on sünteetiline genoom, mis on küll väga värskes saavutus. Craig Venteri töö tekitas äziotaaži. Kui sellele lisada juurde virtuaalne DNA, genoomi modelleerimine arvutis, siis ma usun, et nende kombineerimisel võib midagi huvitavat tulla. Ja millist tähendust omab hiljutine teaduslik viide elusorganismile, mis toimib põhimõttel, mida seni pole võimalikuks peetud? Nimelt leiti California järvest bakter, mis on võimeline kasutama eluks nii fosforit kui arseeni. Kas on olemas bakteritüvi, mis saab hakkama täielikult ilma fosforita?

Tegelikult on nende avastuste taustal kõige olulisem see, kuidas ühiskond teadussaavutuse vastu võtab. See on sama oluline kui teadussaavutus ise. Kas just viimase kümnendi läbimurre, aga need küsimused on viimase kümnendiga selgelt üles kerkinud. Kas ühiskond peab olema valmis või kas saavutus on aktspteeritav? Kui avastus tuleb valel ajal, võib selle kasutamine jääda tulevikku või kaduda aegade hämarusse. Need on keerulised küsimused. Kui ühes kohas hoida teaduse tegemisel või ühe valdkonna arengul pidureid peal, siis mitmedki inimesed ei taha teaduses enam olla ja lahkuvad teadusest või riigist. Alati on maailmas koht, kus saab teadust vabamalt teha. Nii lahkusid mitte väga ammu paljud andekad geneetikud Saksamaalt ning jätsid oma tegemisi mujal, enamasti USAs.

Näiteks näeme, kuidas praegu hakatakse USAs kloonimiseksperimentidele piiranguid seadma ja mõningaid teadusuuringuid ei lasta teha. Ega need tegemata jää, kuid tehakse siis juba avalikkuse eest varjatuna ja selgitusi andmata. Geneetiliselt muundatud organismidest ei hakka ma rääkimagi.

GMOd, ma arvan, on siiski aidanud teadusel inimestele omasemaks saada. Inimesed hakkasid huvi tundma, mis siis tegelikult toimub. Hämmast, posimist ja esoteerikat on meie maailm niigi täis ja see on tunduvalt ohtlikum kui GMOde küsimus. Me näeme, kuidas töö pähe pakutakse ebatõde. Kõige hullem on selle juures see, et tihti viidatakse kontekstist väljakistuna teaduslikele artiklitele.

See on väga ohtlik, kui inimesed, kes esindavad mingit ideoloogiat, leiavad omale toe teadusest. Kui need segunevad, ei suuda tavainimene enam vahet teha ja seda peetaksegi siis teaduslikuks. See on jälle üks viimase kümnendi selgeid

tõuse: eneseabi otsimine läbi Google'i, kõiksugu pseudoteaduslikud koolitused. Kui vaadata, kes selliseid koolitusi teevad, siis on need tihtilugu sellised, kellel on haridusteel midagi pooleli jäänud: kas pole õpinguid lõpetanud või on karjääris midagi juhtunud või äpardunud. Eriti ohtlik on sellise pseudoteaduse tõus inimese tervise ja heaoluga seotud tegevustes. Ja kui siia lisandub veel kellegi ärihuvi, siis on asi päris hull. Vaadake, kui palju on meil nn toitumisterapeute ja muid asjatundjaid, kelle nõuannetes väärastub teaduslik iva eluolulikuks soovitusel. See on viimase kümnendi üks häirivamaid arenguid. Seda kardan kõige rohkem, sest see on asi, mille vastu on väga keeruline võidelda.

Teadlased ei kipu sel teemal avalikult palju rääkima. Ühest küljest ei peeta teadlasi sageli meediakõblikeks ja teisalt – milline tõsimeelne teadlane ikka tahab tänapäeval avastada end ajalehtede kommentaariumist. Kui paljud teadlased (ja ma ei räägi ühiskonnateadlastest) räägivad ühiskondlikel teemadel kaasa? Mitte väga paljud. Seda välditakse, räägitakse isekeskis, aga avalikkuse ees ei taheta neid küsimusi arutada. Tartu Ülikooliski on professoreid üle poolteise saja, aga kui vaadata, kui paljud neist meedias ühel või teisel teemal sõna võtavad, siis ega need väga palju ei ole.

Mida oodata järgmiselt kümnelt aastalt? Avastustega on tihti nii, et need on pigem – eriti viimasel ajal – tehnoloogiline areng. Ma ei ole väga kindel, kas oleme saanud väga palju targemaks. Inimmõte vist sellises tempos arenenud pole. Piisab minna näiteks Rooma ja vaadata vanu ehitisi. Mis me täna siis teistmoodi teeme? Teadmine on ikka olemas olnud ja ka täppis- ja loodusteadustes on paljud hüpoteesid juba varem püstitatud. Kohati võib tekkida tunne, et see on nagu laujala lihvimine, suured asjad on ära otsustatud. Mõnes mõttes on see õige: tehnoloogia tekitab meis näilisust, et kogu aeg ajab üks avastus teist taga. Tehnoloogilised võimalused on avardunud ja kõik me avastused on väga tehnoloogikesksed.

Mida siis oodata? Lähiaastatel võib arvata, et me ei pea enam väsinud organi, olgu selleks maks või neer, äravahetamiseks kellegi surma ootama, vaid teaduse ja tehnoloogia areng võimaldab meil organeid saada laborist.

Ma ei ole väga originaalne – ja see ei ole ka minu mõte –, kui pakun, et keeletehnoloogia on juba nii palju arenenud, et ühel hetkel on meil kõigil kõrva juures või prillide vahel väike kiip. Teie räägite mis iganes keeles, mina räägin eesti keeles ja me saame üksteisest väga hästi aru. Mis on väga hea, sest see aitab väikesteid keeli hoida ja see rikastab meie maailma. See on üks saavutus, mis võib-olla väga kaugel ei olegi, tehnoloogiline platvorm on ju olemas. Kas mitte Eesti teadlased ei võiks siin esirinnas olla, oleme ju oma keele, sealhulgas teaduskeele säilimise pärast mures?



PANTHERMEDIA/SCANPIX



Nutikate lahenduste aeg



ANDRES KEEVALLIK

Tallinna Tehnikaülikooli rektor, arvutiteadlane

See, mis on seotud grafeeniga ja sealt tulenevate võimalustega, võib arvutustehnikas avada uusi fantastilisi võimalusi.

Kümme aastat on tõeliselt suurte läbimurrete otsimiseks natuke lühike ajaetapp, kuid kui viimase aja Nobeli preemiade peale mõelda, siis see, mis on seotud grafeeniga ja sealt tulenevate võimalustega, võib arvutustehnikas avada uusi fantastilisi võimalusi. Tegemist on ennekõike elementbaasi arenguga. Kui arvutustehnikast üldisemalt rääkida, siis põhimõttelist läbimurret ei ole pärast von Neumanni masinat olnudki, sisuliselt on arvutid jäänud samaks. Kasvanud töökiirus ja mälumaht on arvutite võimekust küll muljetavaldavalt tõstnud, ent reaalselt lahendamist vajavate ülesannete keerukust nad veel ei murra. Nõndanimetatud NP-täielike ülesannete vastu jääb tänapäeva arvutustehnika veel üsna abituks. Siit ka vajadused arvutite võrgustamiseks ehk siis «jaga ja valitse» strateegiategi rakendamiseks. Aga seegi on «kõrgem pilotaaž» ega anna põhimõtteliselt läbimurdelisi lahendusi.

Kui minu erialal vaadata kümne aasta taha ja veel kaugemalegi, siis pole need lootused, mis omal ajal tehisintellektile pandi, kaugelki veel täitunud. Pigem on toimunud samm sammu haaval edasilikumine. Pärast pingelangust USA ja Venemaa suhetes üheksakümnendate lõpus on uurimistöö uuesti intensiivistunud. Läbimurdeid võib aga loota uutelt arukate süsteemidega rakendusala del, nagu *smart grids*, *smart dust* (eestindatult «ajupuru») või *smart home*.

Muuseas – need on teemad, millega tegeldakse edukalt ka TTÜs. Huvipakkuvad ja perspektiivsed on arengud keelte mõistmise ja transformeerimise ning visuaalse intellekti arendamise aladel.

Kui vaatan tagasi meie ülikooli viimasele kümnendile, siis oli võib-olla kõige olulisem otus matemaatika-loodusteaduskonna asutamine 2002. aastal. Sealt on välja kasvanud palju *spin-off*-firmasid ja neid tuleb järjest juurde. Selle baasil oleme loonud kaks tehnoloogiarenduskeskust. Kokku oleme aga osalised kuues erinevas tehnoloogiarenduskeskuses.

Riiklikust seisukohast on väga oluline, et need arenduskeskused asuvad vahetult ülikoolide juures, sest nii on infrastruktuur parimal võimalikul moel rakendatud: saame seda kasutada õppeprotsessis, teadustegevuses ja ka praktiliste ülesannete lahendamiseks meie ettevõtete-partnerite jaoks.

Järgmise kümne aasta üks peamisi teemasid teaduses on muidugi energeetika: roheline energia ja selle seostamine traditsiooniliste energiatootmissüsteemidega. Usun, et kindlasti tuleb üha sagedamini päevakorda toiduainete temaatika. Näiteks probleemid, kas kasutada geenmuundatud toiduaineid või kuidas paremini ja puhtamalt toota.

Energeetika, toit ja keskkond – need on teemad, mis on jätkuvalt aktuaalsed ja millega seotud probleemid üha süvenevad, siin on teadlaste osa väga oluline.



PANTHERMEDIA/SCANPIX

Elektroonikasse astuvad molekulid

Moore'i seaduse piiride pärast tunti sajandi alguses muret – kui kaua saab ikkagi arvutite ränikiipe vähendada, enne kui füüsikalised piirid ette tulevad? Töö selle kallal, et ränipõhiste elementide asemel saaks hakata kasutama hulga tillemaid komponente – molekule – oli 2001. aastaks jõudnud sinna maale, et ajakiri Science otsustas sellealased edusammud kuulutada aasta läbimurdeks.

Alates 1980. aastatest oli teadlaste võimuses toimetada ja manipuleerida üksikute molekulidega. Järgnenud aastakümnel hakati järjest põhjalikumalt uurima molekule, mis juhivad elektrit samal moel nagu traadid või pooljuhid. Siis õnnestus juba molekulidest valmistada diode, lülitid ja transistore. Kuid puudu oli veel oskus nende ühendamiseks skeemiks.

2001. aastal esitlesid tervelt viis laborit esimesi molekule sisaldavaid skeeme, mis olid suutelised algelisteks operatsioonideks. Nii näiteks valmistati IBMi insenerid ühest ainsast süsiniku nanotorust vaheldi. Delfti Tehnikaülikooli rühm tegi nanotorust transistori, millest väljuv signaal oli sisenevast kümme korda

võimsam.

Belli laboratooriumid andsid teada töötavast skeemist, mille transistorid olid valmistatud orgaanilistest molekulidest. See saavutus sai aga osaks kümnendi suurimast skandaalist, sest selgus, et nii see uurimus kui ka arvukalt teisi «läbimurdeid» olid autori, Saksa füüsiku Jan Hendrik Schön'i poolt fabritseeritud.

Tulevikku vaadates tunnistas ajakiri Science juba siis, et

Siis õnnestus juba molekulidest valmistada diode, lülitid ja transistore.

molekulidepõhiste arvutite loomiseni läheb veel kaua aega, kuna on palju takistusi üksikute elementide kombineerimisel suurteks ja keerukateks skeemideks, mis oleksid odavad ning toimiksid ränist kiiremini ja usaldusväärsemalt. Mõõdunud kümnend on seda kinnitanud, sest kuigi on väikesi edusamme – ning tööriistade sekka on paljutöötava kandidaadina lisandunud grafeen – on molekulaarse elektroonika alal lubadusi veel endiselt rohkem kui vilju.

TEISED SAAVUTUSED

Geenide vaigistamine

Esimest korda näidati, et ka inimestel ja teistel imetajatel on võimalik geene vaigistada RNA interferentsi abil. Meetod, mis on tõhus geenide ülesannete uurimiseks, avastati esmalt taimedel. 2006. aastal said Nobeli meditsiinipreemia Andrew Fire ja Craig C. Mello, kes näitasid RNA interfeerentsi varbussil *C. elegans*.

Neutriinode tujukus

Lahenduse sai piinav füüsikaküsimus: kuhu kaob üks tüüp neutriinosid? Teooria kohaselt peaks Päikeselt Maale jõudma ohtralt üht kindlat tüüpi neutriinosid, kuid maapealsed detektorid ei leidnud neid sugugi ennustatud hulgal. Sudbury neutriinoobservatooriumi vaatluste varal sai selgeks, et neutriinodel on omadus ostsilleeruda ehk muutuda ühest tüübist teiseks.

Inimgenoom sai kirja

Avaldati inimese genoomi 3,3 miljardi aluspaari esimene mustandjärjestus. Algas massilise sekveneerimise ajastu.

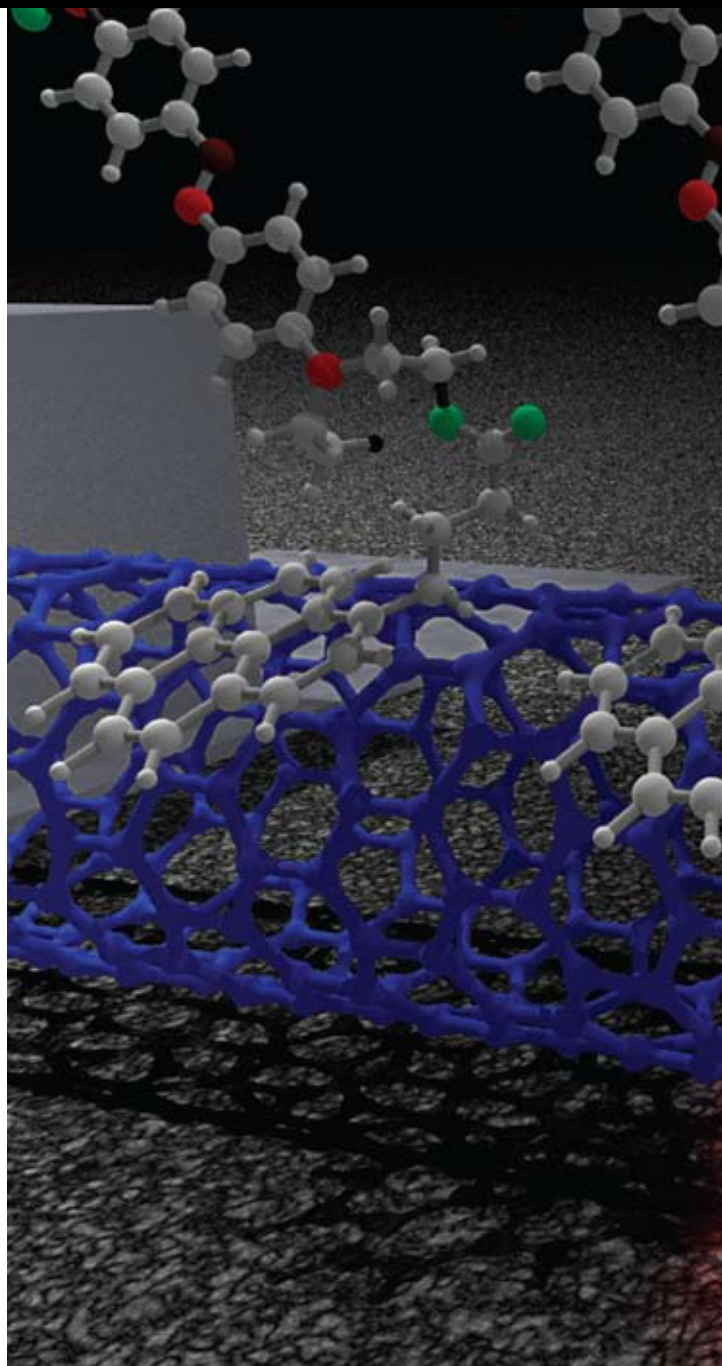
Ülijuhtivuse üllatused

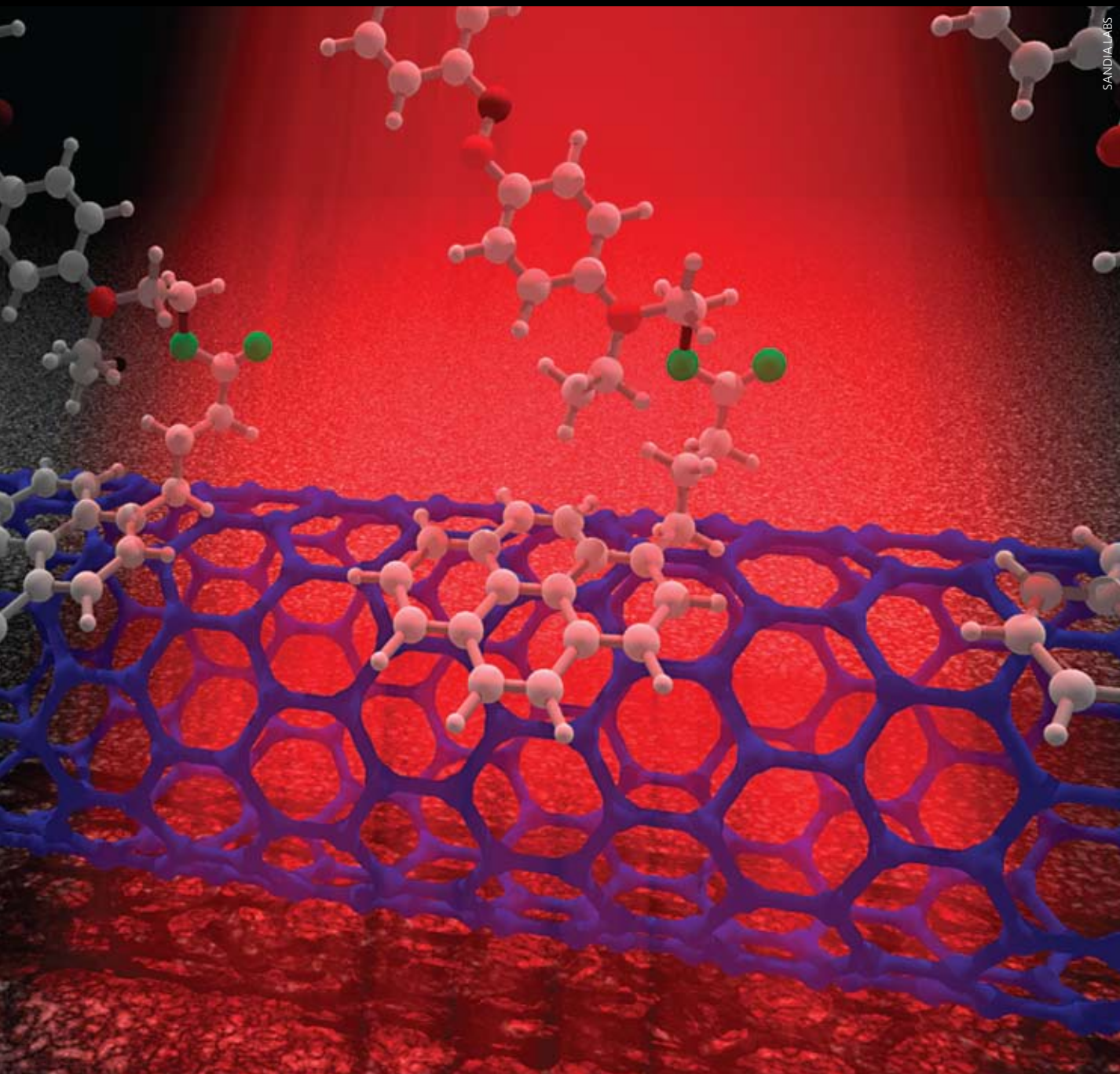
Põnevust tekitas teade, et ühend MgB2 on kõige kõrgemal temperatuuril ülijuhtiv metalliline ühend (39 kelvinit). Lootused, et see võib midagi uut paljastada kõrgtemperatuurilis-

te ülijuhtide kohta, siiski ei täitunud. Teine paljutöötav areng puudutas fullereene, kerakujulisi süsinikumolekule: koos orgaaniliste ühenditega õnnestus neid ülijuhtivaks teha 117K (-156 °C) juures.

Paneme närvid paika

Teadlased leidsid, et arenevas lootes juhib närvirakud oma õigele kohale kolme retseptori kombinatsioon.





Kasvab kindlus inimese kliimasütis

Valitsustevaheline kliimamuutuste töörühm (IPCC) teatas oma kolmandas raportis, et viimase 50 aasta soojenemise põhjuseks on tõenäoliselt kasvuhoonegaaside suurenenud kontsentratsioon atmosfääris



ja seega inimtegevus. 20. sajandi jooksul kerkis maakera pinnatemperatuur 0,6 kraadi võrra.

Täpsem tuli vähi pihta

USA raviamet andis heakskiidu Gleevecile, esimesele uut

tüüpi vähiravimile, mis inhibeerib ainult kindla vähirakuga seotud ensüümi, mitte ei hävita varasemate ravimite kombel rakke valimatult.

Saavutuste kondensaat

Mitu saavutust olid seotud erilise aineolekuga nimetusega Bode-Einsteini kondensaat. Sellesse olekusse õnnestus viia näiteks heeliumi, liitiumi ja kaaliumi aatomeid, õnnestus jälgida

aines uudseid protsesse ning tekitada seda vaid laserite, mitte magnetvälja abil.

Süsinikutüli lahenes

Tükk aega olid eri teadlaste rühmad eri lähenemisi kasutades saanud vastuolulisi tulemusi selle kohta, kui palju neelavad taimed Ameerikas süsihappegaasi. Ühisuuringuga siluti mõlema poole puudused ja jõuti arvutustes üksmeelele.

Teaduskümnend: kärbesplaneedid, ime



TIIT KÄNDLER

EPL/teadus.ee, Tarkade Klubi
kolumnist

Kas saame siis arvata, et kümne aastaga on teaduses juhtunud midagi uut? Sajandivahtusel juhtisid teadusasjatundjad tähelepanu sellele, et kõik suuremad ja meie igapäevaelu enim mõjutavad teadusavastused on tehtud 20. sajandi esimesel poolel. Kvantmehaanika, relatiivsusteooriad, pärilikkusaine DNA.

Kärbes on Kuust 350 miljonit korda pisem. See on umbes täpselt sama palju, kui palju kordi on pisem kümme aastat, võrreldes elu eksisteerimise ajaga Maal. Elusorganismid on algusest peale olnud teadlased.

Nad on analüüsinud keskkonda, teinud järeldusi selles kehtivate seaduste kohta ja suunanud oma käitumist kooskõlas loodusseadustega. Ehk siis juhitud teaduslikest tulemustest. See, et teadus nüüdisaja mõttes sai alguse Galileo Galilei eksperimentidest, ei muuda asja sisuliselt.

Kas saame siis arvata, et kümne aastaga on teaduses juhtunud midagi uut? Sajandivahtusel juhtisid teadusasjatundjad tähelepanu sellele, et kõik suuremad ja meie igapäevaelu enim mõjutavad teadusavastused on tehtud 20. sajandi esimesel poolel. Kvantmehaanika, relatiivsusteooriad, pärilikkusaine DNA.

Viimase kümne aastaga on selgunud, et teaduslik aparatuur võimaldab meil tõepoolest näha kärbest Kuul. Mida muud siis Päikesesüsteemi-välise eksoplaneetide avastamine tähendab? Pärast esimese eksoplaneedi avastamist 1992. aastal on neid leitud oma poole tuhande jagu. Reeglina avastatakse eksoplaneedid kaudsete andmete järgi. Eksoplaneedi defineeris rahvusvaheline Astronoomiaühing ametlikult 2001. aastal.

Ja õigesti tegi, sest eksoplaneete on hakatud avastama ka neid otseselt jälgides. Neid avastatakse koguni hulgi. 13. novembril 2008 teatas Kanada Herzbergi Astrofüüsika Instituudi astronoom Christian Marois, et on ühes kolleegidega Hawaii teleskoopide abil otseselt registreerinud kolm planeeti, mis tiirlevad ümber 129 valgusaasta kaugusel oleva tähe HR 8799.

Eksoplaneedid huvitavad inimesi eelkõige seepärast, et leida ometi kord mõni taevakeha, kus võiks olla arenenud elu. Viimasel kümnendil saavutatud edu nende otsingul aga näitab, kui kaugele on jõudnud teaduse toel edendatav tehnika.

Eksoplaneedid on sadade valgusaastate kaugusel. Kuid mida põnevat võiks olla ühes tavalises sөөpliatsis, mida hoiame suisa oma nina ees? Sel kümnendil selgus, et kõige tavalisem sөөst südamikuga pliiats on peitnud joonistajate, kirjutajate ja pliiatsinärijate eest üht suurt saladust. Süsiniku sellist struktuuri, mis ei kujuta endast muud kui ühe aatomi paksust kanaaiavörku. Sel aiavörgul on kuusnurksed võrgusilmad ja see annab ennast kokku rullida nagu aiavörk ikka, kuid sellest saab ehitada ka silindrist keerulisemaid ruumilisi objekte fullereeni jalgpallimolekulini välja.

Süsinik on eriline aatom, tänu millele või öieti millele tuginedes on osutunud võimalikuks elu Maal. Süsiniku aatomid suudavad luua omavahel sellised keemilised sidemed, mis ehitavad üles selgroo molekulidele, millest kui ehituskividest on kõik elusorganismid üles loatud. Süsinik on viimasel aastakümnetel olnud ka selleks võtmeks, mis avas teadlastele ja inseneridele tee tillukesse nanomaailma. Tänu struktuuridele,

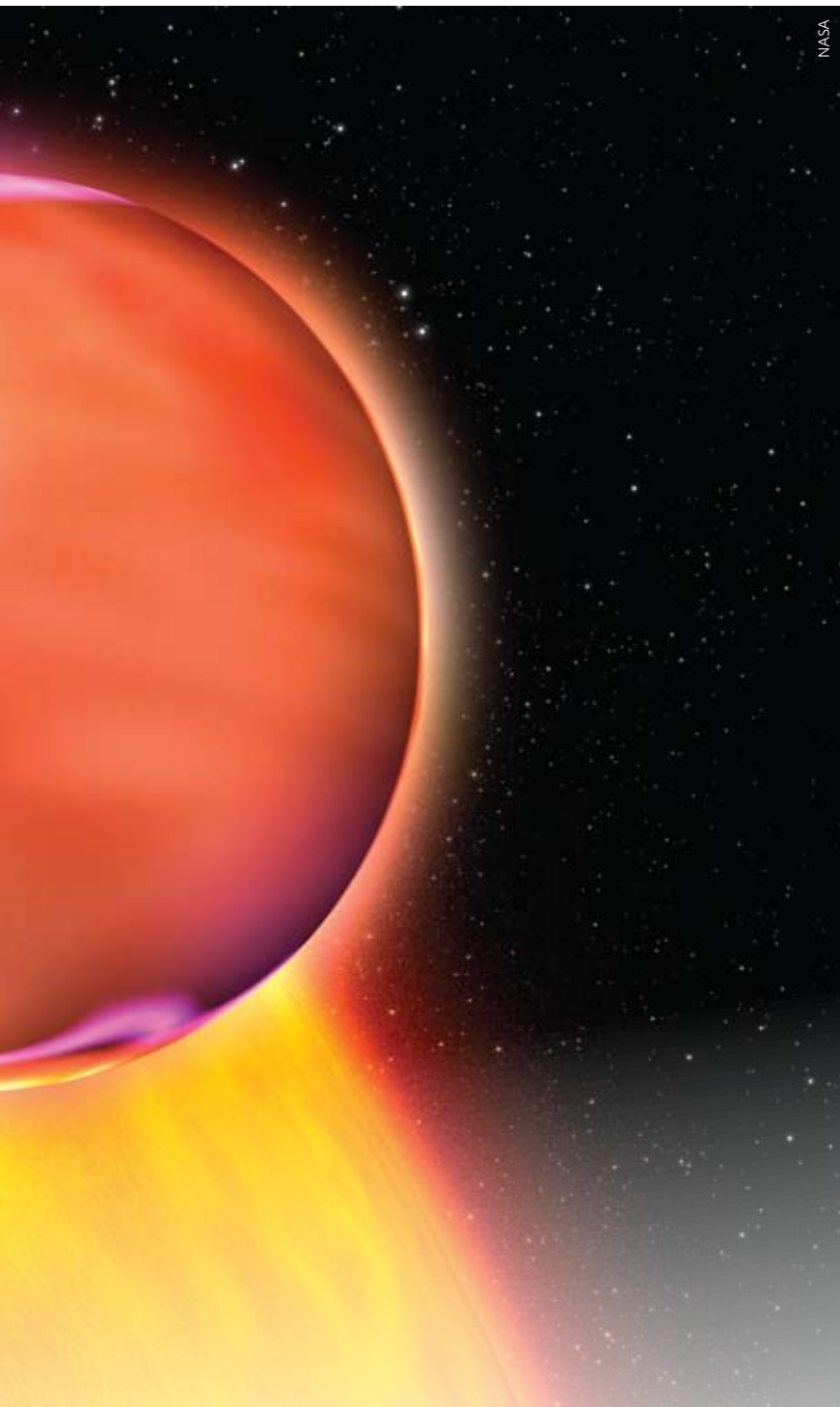


mida vaid süsiniku põhjal tekib, saavad esineda nanotorud või nanokerad. Pole siis ime, et aastate pikku otsiti võimalust saada selline kahemöötmeline pind, mis koosneks vaid ühe süsinikuatomi paksusest võrest. Ehk, nagu seda ennetavalt nimetati – püüti valmistada grafeeni.

Küll püüti grafiidi aatomkihtide vahele sookutada erinevaid molekule, et grafiidikihte üksteisest lahti kangutada. Kuid tulemuseks



pliiats, rämpsinimene ja poomatus



**Teaduslik
aparatuur või-
maldab meil
näha kärbest
Kuul.**

oli vedelavõitu plöga. Seejärel katsetati, kas õnnestub grafiidis sisalduvaid kristalle hõõruda õhemaks mõne teise pinna vastu. Nõnda saadi umbes saja aatomkihi paksusi plaate. Siis töötati välja meetod nn nanopliiatsi saamiseks, mille teravik on kümmekond aatomkihti paks.

Alles 2004. aastal õnnestus Manchesteri ülikooli teadlastel Andre Geimil ja Kostja Novosjilovil saada esimene tükike grafeeni. Nad kleepisid grafiidihelbed kleplindile ja tõm-

basid siis klepsu helveste küljest lahti. Ja said nõnda üha õhemaid grafiitkilesid. Kuni lõpuks leidsid neid uurides, et sekka on juhtunud ka grafeenitükikesi.

Grafeeni uurides selgus, et see on toatemperatuuril parim elektrijuht ja mehaaniliselt üks tugevamaid materjale. Lisaks sellele paisab grafeen nähtavas valguses läbi. Sellest on õnnestunud ehitada maailma pisim transistor. Võimalikest kõige õhukesem grafeen mahub imehästi teadlaste fantaasiatesse. Sellest loodetakse ehitada painduvaid puuteekraane ja päikeseelemente, tundlikke saastamõõtjaid, aga lisandainena kasutades autosid, lennukeid ja satelliite. Kui olin grafeeni aastakümneni saavutuste sekka valinud, tuli teade selle avastajate pärgamisest Nobeli preemiaga. Vaid kuus aastat pärast avastuse publitseerimist – omamoodi rekord viimaste aastakümnete nobelistide seas.

Kui tahta sajandi teaduse esimest aastakümnet iseloomustada ühe sõnaga, siis see on mu meelet inimgenoom. Aastal 2000 kuulutas USA president Bill Clinton erakordse pidulikkusega välja, et inimese genoom on nüüd teada. Craig Venterist ja Francis Collinsist said vihaste konkurentide asemel inimkonna kangelased.

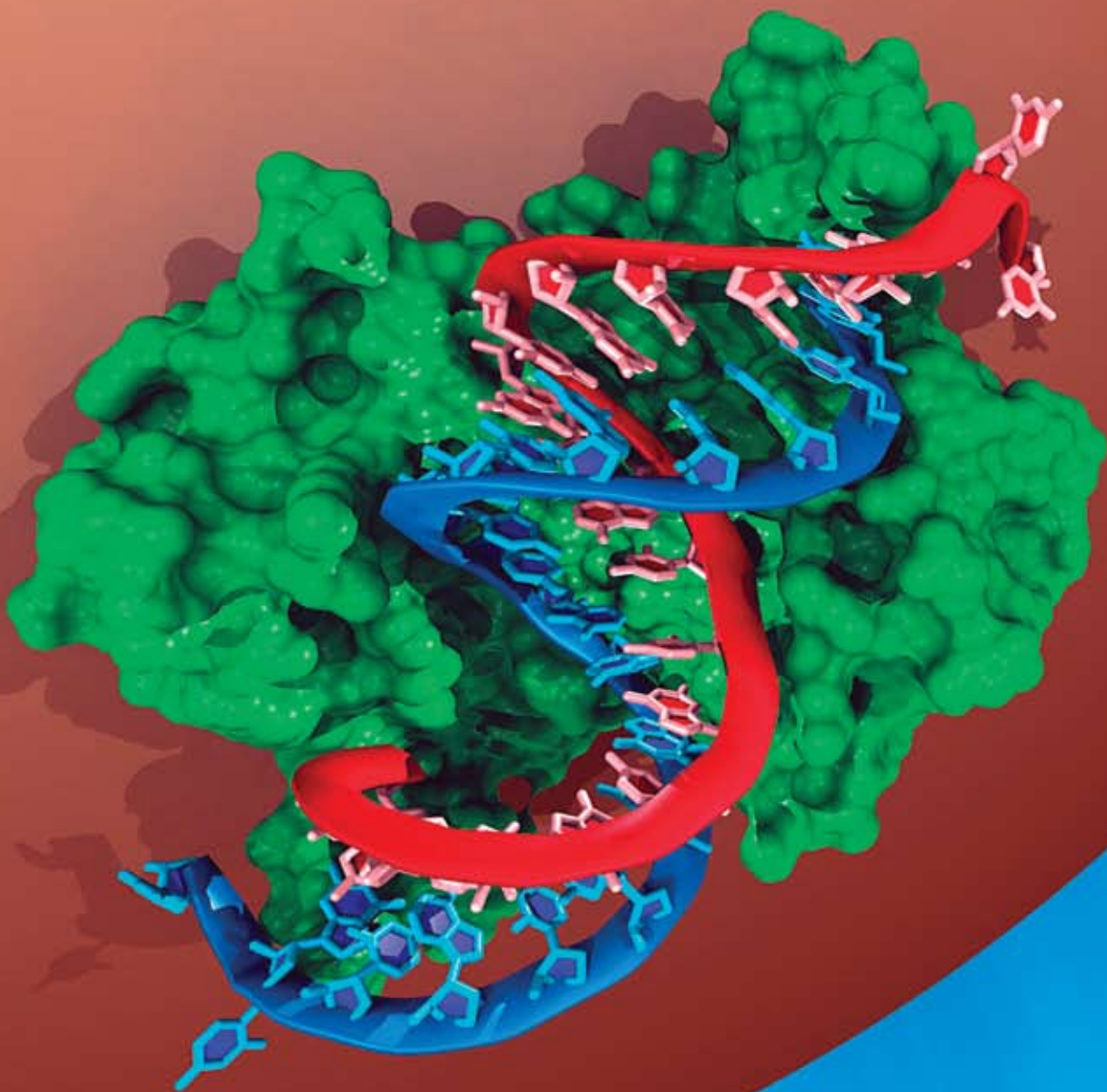
Erakordne pidulikkus jättis varju tõsiasja, et tegu oli vaid genoomi mustandiga – kui sedagi saavutatud oldi. Ometi pakkus juba mustand inimesele ühe viimaste aastakümnete suurima üllatuse – ja üldsegi mitte meeldiva –, et inimesel on nõnda vähe geene, palju vähem kui suuremal osal selgroogsetel, müürloogast kõnelemata.

Kuigi personaalne meditsiin, mille saabumist kohe õhinal kuulutama hakati, ei ole veel jõudnud maailma tohtrite tippkeskustessegi, perearstidest kõnelemata, vallandas inimgenoomi visand ometi terve laviinide ahela inimese ja tema lähedaste liikide uurimises.

Selgus, et nn rämp-DNA, millel pole geenidega justkui miskit pistmist, hoiab siiski geenilülilil sõrme peal. Ja tagatipuks imbus kusagilt Lamarcki ja Lössenko vaimude vahelt välja epigeneetika ehk siis mittegeneetilise olulisus ning omandatud tunnuste päritavuse ideestik.

Ja jube küll – selgus, et inimene on lõbusalt neandertali inimesega seksinud ja lapsigi saanud, nii et igapähe meist on tükike seda inimliiki, keda veel poole sajandi eest rämpsinimeseks peeti. Võrdõiguslikkus taastati mitte ainult soolises, rassilises või ealises võtmes, vaid ka elavate ja väljasurnud inimliikide vahel. Poliitkorrektsust laiendas teaduskorrektsus.

Mida aga inimese aju tegelikult suudab, seda näitas meile vene imemees Grigori Prelman, kes aastal 2002 lahendas ära ühe kuulsatest Poincaré konjektuuridest, mida võiks karikeerida väitega, et kolmemõõtmelisel sfääri pole võimalik üles puua. Geniaalsete matemaatikute ajud on püstitanud selliseid väiteid, mida nad arvavad olevat tõese, ent mida nad ise ega mõned järgnevadki põlvkonnad pole olnud suutelised tõestama. Paljud neist on osutunud tüstatavaiks. Mis näitab, et inimese aju ongi kvantarvuti – mäherdust riista on insenerid siiani tulutult püüdnud väljapool aju ehitada.



TEISED SAAVUTUSED

Selgus neutriinode osas

Avastus neutriinode omaduse kohta «värvi» vahetada leidis äramärkimist juba 2001. aasta ülevaates, kuid sel aastal tehtud vaatlused tegid nende pea taramatute osakeste teineteiseks muutumise omadused palju selgemaks.

Oluliste genoomide rida

Sel aastal said järjestatud mitmed inimese jaoks oluliste organismide genoomid: malaariasääse ja malaariaparasidi, oluliste katseloomade, hiire ja roti, ning tähtsa toiduvilja, riisi oma.

Kiirguse taust

Eri teleskoobid, nii maa peal kui

ka orbiidil, mõõtsid uue sajandi esimestel aastatel senisest täpsemalt kosmilist taustkiirgust, mis annab meile teavet universumi algusaegade, selle kujunemise ja tuleviku kohta. Läbimurdeks hinnati kiirguse polariseerituse mõõtmine.

Kiired kaadrid

Esmakordselt õnnestus teha filmi, milles ühe kaadri kestust

võis mõõta atosekundites – see on miljardik miljardik sekundit. Filmilindi ja kaamera osa täidavad laserid, mis tulistavad üliühikese valgusimpulsse. Nende abil on võimalik jälgida näiteks aatomite ümber tiirlevate elektronide tegevust.

Piparmündi maitse

Tšillipipar ja kuumus on üks ja sama, samuti piparmünt ja

Väikesed RNAd astuvad areenile

Pärilikkuse kandja DNA väikestenda RNAd peeti pikka aega üheks igavaks molekuliks, mille ainus ülesanne oli kuulata DNA korraldusi ja kanda valgu tegemise käsk ribosoomi, raku valgutehasesse. Viimased aastad on selle arusaama pea peale pööranud, näidates RNAd rohkem käskija kui käskjalana.

Lühikesed, vaid paarikümne aluspaari pikkused RNA jupid osutusid olulisteks geenide reguleerijateks ning pakkusid võimalusi ka geenide vaigistamiseks. Seda muutust meie teadmisses RNA rollist ja võimalustest on esile toodud terve kümnendi läbimurrete nimistus (loe lähemalt Mart Saarma ja Tanel Tensoni artiklitest lehekülgedel 26 ja 38).

Aasta läbimurde tiitli töid RNAle aga uurimused, mis lubasid heita pilgu sellele, kuidas gene «vaigistav» RNA

interferents suunab nähtust nimega epigeneetika. Selle nimetusega viidatakse sellele, kui põlvest põlve antakse edasi muutusi geenide avaldumise mustris, mis ei ole põhjustatud muutustest DNA enese koodis.

Nii leiti, et väike RNA mõjustab väga palju seda, millise kujuga on kromatiin ehk DNA ja sellega liitunud valkude kogum, millest moodustuvad kromosoomid. Kromatiini kujust sõltub palju, millised geenid avalduvad. USA teadlased leidsid pärmirakke uurides, et ilma väikeste RNAdeta ei suuda rakud normaalselt jaguneda. Algloomal *Tetrahymena*'l põhjustas RNA raku jagunemisel mõnede DNA-lõikude ümbertõstmise või kustutamise.

Käesolevas numbris võtab RNAd tähtsuse kokku Mart Saarma: RNA-maailma avastamine annab suurele osale inimese genomist mõtestatuse.

jahedus – vähemasti teatud valkude jaoks. Sel aastal hoogustus uurimistöö nõndanimetatud TRP ioonkanalite vallas, üheks avastuseks oligi kanal, mis reageerib piparmündis olevale mentoolile ja jahedatele temperatuuridele sarnase signaali saatmisega. Soojusele reageerivaid TRP kanaleid leiti nahalt. Suure osa TRP kanalite funktsioonid on aga veel teadmata.

3D-pildid rakust

Aastatepikkuse arendustöö tulemusel jõudis kuvamis-meetod nimega krüoelektron-tomograafia sinnaamaani, et hakkas andma häid pilte sellest, mis toimub raku sees. Meetod on eriti kasulik kolmemõõtmelise pildi saamiseks umbes viie nanomeetri suurustest raku organellidest, nagu näiteks mitokondrid.

Udu hajus

Maailma suurimad teleskoobid varustati adaptiivse optikaga, mis aitab neil piltidelt eemaldata Maa atmosfääri värelustest tekkinud hägu. Tulemuseks olid imeteravad kosmosepildid.

Valgustatud sisekell

Imetajate silmast leiti uus liik valgustundlike retseptoreid, mis on ühenduses meie sisemise

kellaga. Kauaaegne küsimus, kuidas valgus meie sisemist kella reguleerib, sai lahenduse.

Tšaadi inimene

Avalikkusele esitleti rohkem kui kuu miljonit aasta vanust kolpa, mis täitis olulise lünga teadmistes inimese arengu kohta. Touma'i nime saanud fossiil *Sahelanthropus tchadensis* leiti Tšaadi järve äärest.

Bioloogia paradigma on muutumas



TOIVO MAIMETS

Tartu Ülikooli rakubioloogia professor

Newtoni-aegne teadmine, et õun kukub ikka Maa poole sõltumatult aastaajast või maailmajaost, ei ole elusorganismidele tihti rakendatav. Kuna arengukontekste ei ole ideaalselt võimalik kopeerida, ei anna ka sama DNA-informatsioon kunagi tulemuseks samasugust rakku või indiviidi.



Selle sajandi esimene aastakümme andis meile kindlaid tõendeid paradigma muutumisest bioloogias. Eelkõige puudutab see küll bioloogia seda osa, mis seondub «silma nähtamatute» molekulide ja rakkudega, aga on väga otseselt seotud ka tervikorganismide, liikide ja ökosüsteemidega. Õige lühidalt öeldes seisneb muutus DNA- ehk geenikeskse maailma muutumisest areneva tervikorganismi keske(ma)ks. DNA on küll väga tähtis molekul, ent ikkagi vaid üks paljudest raku ressursidest muude makromolekulide kõrval, mida kasutatakse vastavalt vajadusele raku ja organismi individuaalse arengu käigus.

Üldiselt arvatakse, et usk DNAsse kui (tulvase) organismi täielikku kirjeldusse (nn elu molekul), mis vääramatult ning sõltumatult teistest rakkudest ja keskkonnast annab arengu jooksul kindlaksmääratud tulemuse (fenotüübi, tunnused, haigused jms), tekkis eelmise sajandi 50–60ndatel aastatel pärast seda, kui Watson ja Crick kirjeldasid DNA struktuuri ning kui dešifreeriti kood, mis seob omavahel nukleotiidide ja valkudes olevate aminohapete järjestusi.

Tegelikult ulatub selle veendumuse ajalugu tagasi enam-vähem täpselt sada aastat ning on seotud eelkõige T. H. Morgani töödega. Morgan oli veendunud, et arengu teel tekkinud indiviidi kirjeldamiseks on vaja kahte poolt – mõista pärlikkuse protsesse ning ka indiviidi arengubioloogiat ehk kuidas need pärliligid alged tegelikult ajas realiseeruvad. Täiesti teadlikult keskendus Morgan vaid ühele poolele ja mitte seetõttu, et ta teist kuidagi vähemtähtsaks oleks pidanud, vaid eelkõige sobivate uurimismeetodite puudumise tõttu sada aastat tagasi.

Väga paljud teadlased, kes tulid pärast Morgani, ei pannud aga seda lahutamist tähele ning keskendusid vaid ühele poolele organismi bioloogia mõistmisel – geneetikale, mis samastus varsti teadusega DNA nukleotiidsetest järjestustest. Taoline lähenemine saavutas kõrghetke eelmise sajandi 90ndatel aastatel, kui ka maailma kõige mõjukamad poliitikud olid kindlad, et inimese ülesehituse mõistmiseks ning kõigist haigustest jagusaamiseks piisab vaid kogu inimese DNA järjestuse teadasaamisest.

Muutust sellesse mõtteviisi ei toonud ükski «sensatsiooniline» avastus eraldivoetuna. Ometigi hakkasid tekkima kahtlused, mis nõudsid uusi seletusi. Inimese geenide arv osutus umbes viis korda väiksemaks kui varem arvatud. Väga raske oli leida igale «tunnusele» või «haigusele» oma geeni – neid lihtsalt ei jätkunud nii palju.

Üha enam on selge, et täiesti identse DNA järjestusega individidid võivad ometigi välja näha üsna erinevad, omada erinevat iseloomu ja vajadusi. Ühemunakaksikutel, kelle DNA on identne, võivad lisaks muudele erinevustele olla ka täiesti erinevad haigused (või need hoopis puududa).

Nn ühe geeni haigusi on erandlikult vähe ja enamik inimeste haigusi on seotud väga paljude geenidega, kusjuures summaarselt seletavad need siiski vaid väikese osa tegelikust haiguse pärlikkusest. On üha enam kirjeldatud elu jooksul tekkivaid tunnuseid, mis päranduvad edasi ilma muutusteta DNA järjestuses. Järjest lisanduvad erinevate loomade kloonimiseksperimendid tõendavad, et individide identne DNA ei tähenda kaugeltki identseid omadusi. Üha pikeneb erandite loend «päris»-geneetikast.

Ka selle sajandi esikümne tööd arengubioloogia vallas, aga samuti tüvirakkude ning nende diferentseerumisprotsesside uurimisel, rõhutavad üha enam seda, et ühe ja sama DNAGA arengut alustades võib jõuda väga erinevate lõpptulemusteni. Järelikult on lõpptulemuse seisukohalt ääretult oluline, millises rakulises ja rakuvälises kontekstis (teised rakud, füüsilised seosed jm) konkreetne areng toimub. Võiks ka öelda, et molekulaar- ja rakubioloogiasse on tagasi toodud aja (ja muidugi arengu) mõiste.

Newtoni-aegne teadmine, et õun kukub ikka Maa poole sõltumatult aastaajast või maailmajaost, ei ole elusorganismidele tihti rakendatav. Kuna arengukontekste ei ole ideaalselt võimalik kopeerida, ei anna ka sama DNA-informatsioon kunagi tulemuseks samasugust rakku või indiviidi.

Mis tahes bioloogiline süsteem on informatsiooni töötlev, interpreteeriv ja valiv. On selge, et ilma informatsioonita (DNAta) ei ole midagi interpreteerida, ent olemuslikke vastuseid elu kohta saame vaid siis, kui küsime, kuidas selle informatsiooni (ehk ressursi) tegelikuseks transformeerimine käib. Lihtsaim tervikorganismi tase looduses on rakk – enamik elusolendeid Maal koosneb ühest rakust, ülejäänud on kunagi oma arengus olnud üherakulised. Kui tahame küsida põhilisi küsimusi elu olemuse kohta, siis võib küll tehniliselt redutseeruda raku tasemest allapoole, ent ei tohi kunagi unustada, et tervik on siin suurem kui osade summa.

Viimase paarikümne aastaga on toimunud hüpe meetodite alal, mis on mõeldud just tervikraku uurimiseks. Tänu sellele saame uurida näiteks «juhuslikkust» ja «müra» üksikrakkude arenguprotsessides ning taoline uus informatsioon muudab ilmselt meie seniseid ettekujutusi põhjalikult.



Massi küsimus



MARTTI RAIDAL

Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi vanemteadur

Aastavahetusel või järgmise aasta alguses võib tulla teade, et tumeainet on nähtud. See ei anna vastust küsimusele, mida nähti, aga see on äärmiselt suur läbimurre. See ütleb midagi selle kohta, millised need osakesed on, millised on nende interaktsioonid. Kui midagi sellist nähakse, siis on see põhimõtteline läbimurre.

Kui rääkida 21. sajandi kõige tähtsamast teadusprobleemist, siis see on ilmetl massi päritolu küsimus. Sel küsimusel on palju tahke. Kui võtta universum tervikuna, siis üks oluline ja kosmoloogiat tohutult mõjutanud nähtus on kosmiline reliktkiirgus. [2001. aastal startinud satelliit] WMAP (pildil) pani väga paljud eksperimentaalsed faktid paika: nüüd on promilli täpsusega teada, kui palju on universumis üht või teist massi komponenti. See tekitab kahtmoodi tundeid – nüüd nagu teaksime universumi koostist väga täpselt, aga selle kohta, mida me teame, ei ütle meie andmed midagi.

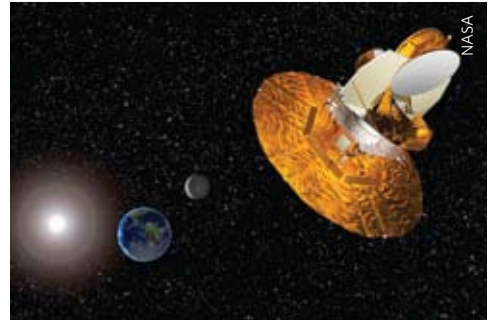
Pragueuseks on teada, et universumi massist umbes 75 protsenti moodustab tumeenergia, mille kohta on teada ainult tema olemasolu. Teine, kõige suurem komponent on varjatud mass või tumeaine, mida on laias laastus 20 protsenti. Ei ole teada, kuidas see on moodustunud või millised on tema omadused, aga on teada, et tumeaine on vähemalt meie galaktikas domineeriv aine – vähemalt 90 protsenti Linnutee massist on tumeaine, mitte tähed.

Ja kolmas massi komponent on tavaaine, mida on neli-viis protsenti kogu universumi massist. See on aine, millest moodustuvad tähed, millest moodustume meie. Selle massikomponendi kohta on kõige rohkem teada. Aga ka siin on suured probleemid.

Kõige fundamentaalsem on see, et ei teata, kuidas on tekkinud teadaolevate osakeste mass. Osakestefüüsika teooria selgitab, miks foton elektroniga interakteerub, aga samuti on vaja seletada, kust tuleb elektroni mass, miks on foton massitu ja samal ajal mõni teine footoni sugulane on massiga. Pragueuse seletuse järgi toimus kunagi varajases universumis elektromagnetiline faasisiire, mille käigus osakesed said massi. Selle jaoks peab olema olemas uus osake, Higgsi boson, mida otsitakse LHCs (Large Hadron Collider, Euroopa Tuumaauuringute Keskuse superkiirendi Šveitsi ja Prantsusmaa piiril – toim.). See on väga fundamentaalne probleem, miks on mass. Ja teooria ütleb, et peab olemas olema uus loom, keda keegi veel metsas näinud ei ole.

Tavaainega on veel teine probleem: ta ei ole universumis sümmeetriline, mis tähendab, et tavaosakesi tekkis universumi algfaasis rohkem kui antiosakesi. Antiainet universumis pole, on vaid tavaaine. (Tumeaine kohta ei ole teada, kas ta on sümmeetriline, näiteks iseenda antiosake, või asümmeetriline.) Tavaaine asümmeetria seletamine on tegelikult väga keeruline probleem, sest see sunnib kasutusele võtma uusi füüsikakontseptsioone, mida tavaline füüsika ei vaja.

Iga universumis oleva prootoni kohta tuleb 10 miljardit footonit, mis tähendab seda, et kunagi universumi väga varajases staadiumis, kui oli ainet ja antiainet peaaegu ühepalju, oli iga 10 miljardi antiaineosakese kohta 10 miljardit pluss üks tavaaineosakest. Probleemiks ei ole mitte 10 miljardi osakese olemasolu seletamine, probleem on selle juurde tulnud ühe osakese olemas-



olu seletamine.

Neutriinode massi probleem on näide sellest, kus väga pikka aega on küsimus üleväl olnud (kas neutriinodel on mass või ei ole), välja on pakutud mitmeid lahendeid ja viimase kümne aasta jooksul on tulemus eksperimentaalselt ära mõõdetud. Neutriinode massid ise ei ole kosmoloogiliselt olulised, need on nii väikesed, et nende panus universumi massi on suhteliselt tagasihoidlik. Neutriinode massid on olulised sellepärast, et need lubavad seletada tavaaine asümmeetria olemasolu.

Kogu massi problemaatika on seega väga lai. Eksperimendid, mis tarvilikku infot annavad, on seinast sein. Pole vahet, mis allikast see info tuleb, kas kosmoloogiast, kiirendist või satelliidiekspereimendist.

Kui rääkida tumeainest ja tumedast energiast, siis seal on positiivsed signaalid pärit puhtalt kosmoloogilistest vaatlustest. Tumeainet otsitakse Maa peal ka ja sel otsimisel on kaks laiemat suunda: üks on otsene tuvastamine, teine kaudne. Otsese avastamise puhul pannakse sügavale maa sisse, tavaliselt vanasse kaevandusse, hästi tundlik detektor ja oodatakse, kas tumeaine osake tuleb, pörkab mingi tavaosakese vastu ja jätab signaali. Pragueuse hakkavad kõige tundlikumad eksperimendid jõudma füüsikalisele huvitavate parameetriteni. Ka teooria ennustab, et juba peaks olema võimalik midagi näha.

Teine variant, kaudne mõõtmine, on mõõta kosmilisi kiiri. Kui antiosakesi kosmoses üldse on, siis saavad need olla tekkinud ainult osakestefüüsika protsessides tavaliste osakeste põrgete tulemusena. Neid protsesse osatakse hästi ennustada ja kui mõõtmised näitavad midagi ootamatut, siis otsitakse uut allikat. Üle-eelmisel aastal nägigi 2006. aastal startinud kosmosesatelliidi PAMELA eksperiment, mis registreeris positrone, osakeste voo tõusu seal, kus see oleks pidanud langema, mis oli täiesti ootamatu. Üks võimalus selle tulemuse seletamiseks on tumeaine annihilatsioon tavaaineks.

Kohe-kohe peaks hakkama andmeid analüüsima üks maa-alune eksperiment, XENON100, mis otsib varjatud massi pörkeid vastu tavalist ainet. Aastavahetusel või järgmise aasta alguses võib tulla teade, et tumeainet on nähtud. See ei anna vastust küsimusele, mida nähti, aga see on äärmiselt suur läbimurre. See ütleb midagi selle kohta, millised need osakesed on, millised on nende interaktsioonid. Kui midagi sellist nähakse, siis on see põhimõtteline läbimurre.

Teadmised mineviku kliimast



REIN VAIKMÄE

TTÜ Geoloogia Instituudi
isotoop-paleoklimatoloogia
osakonna juhataja

**Tihti tundub, et inime-
ne tunneb
valgusaastate
kaugusel
maailmaruu-
mis toimuvat
paremini kui
seda, mis toi-
mub meie jal-
ge all, maake-
ra sees. Maake-
ra ehitus on
suures plaanis
teada, aga ka
viimastel aastatel on tulnud
palju sellist
infot, mis näi-
tab, et me ei
tea kaugeltki
hästi, kuidas
maakera sise-
mus toimib.**

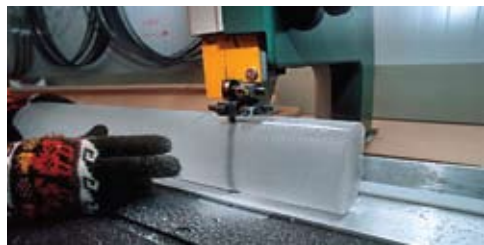
Kliima- ja keskkonnauuringud on valdkond, kus avastusi päris igapäevaselt ja igal aastal ei tule, kuid laiemat huvi on pälvinud globaalsed kliimamuutused – nii küsimus, kas need on inimtekkelised või mitte, kui ka suured vaidlused selle teema ümber. Selle valdkonna viimase kümne aasta kõige huvitavam tulemus on saadud Antarktika jääpuursüdamike uurimisel.

Suure Euroopa Liidu koostööprojekti EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) käigus puuriti läbi Antarktika jääkilbi nelja kilomeetri sügavusele. Saadud puursüdamik sisaldas teavet selle kohta, kuidas muutus kliima viimase 700 000 aasta jooksul. Kui vaidlustes kliimamuutuste üle käib põhijutt sellest, kas kliimat soojendav süsihappegaas on valdavalt inimtekkeline või loodusliku päritoluga – sest Maa geoloogilises minevikus on ju ka varem olnud aegu, mil süsihappegaasi kontsentratsioon on olnud väga kõrge –, siis see uuring andis faktilise ja argumenteeritud põhjenduse selle kohta, et see süsihappegaasi kontsentratsiooni kasv, mis viimasel ajal toimub, on inimtekkeline.

Puursüdamiku analüüs näitas, et viimase 700 000 aasta jooksul ei ole süsihappegaasi kontsentratsioon kunagi olnud nii kõrge, kui ta on praegu. See uuring oli valdkonnas tõeliselt põhjanevate tulemustega. Saadi väga tõene materjal, mis annab tausta argumenteeritud diskussiooniks kliimamuutuse põhjuste üle. Mineviku kliimamuutuste kohta ei ole peale jääpuursüdamike ühtegi muud infoallikat, mis oleks nii konkreetne, faktidel põhinev ja igatpidi teaduslikult põhjendatud. Seda saavutust on tunnustatud ka Euroopa Liidu Descartes'i preemiaga.

Kõigepealt puuriti läbi Antarktika jääkilp ja saadi umbes kümnesentimeetrise läbimõõduga ning paari meetri pikkuste jääsilindritena kokku ca neli kilomeetrit puursüdamikku, mida analüüsiti detailsete, paari millimeetri paksuste proovide kaupa. Kliimamuutused on jääkilpidesse salvestunud vähemalt kahe põhilise infoallika kujul. Esimene – kuna jää on tegelikult ju tahkes olekus vesi – on vee molekulide isotoopkoostis, variatsioonid nii hapniku kui vesiniku isotoopkoostises. Need sõltuvad sademete tekkimise aja temperatuurist ja nii saadakse temperatuurikõver kogu jääkilbi moodustumise ajaskaala kohta.

Teine – kust saadakse teave süsihappegaasi kontsentratsiooni kohta – on õhu koostis. Kui jää tekib, siis jäävad sinna õhusuletised. Värskest sadanud kohevas lumekihis on lumekristallide vahed täidetud õhuga. Tasapisi jääks tihenedes suletised sulguvad ja see õhk, mis sinna sisse jääb, näitab meile tekkimise aja atmosfääri koostist. Kui võtame jääpuursüdamikust ühe kihi, mis on näiteks 700 000 aastat vana, siis näeme jää sees väikeseid mullikesi. Need eraldatakse vaakumkambris ja määratakse gaaside koostis, mis ongi siis tolle aja atmosfääri koostis. Nii saame infot selle kohta, kuidas on aja jooksul



atmosfääri kasvuhoonegaaside kontsentratsioonid muutunud.

Minu meelest on kliimamuutuste diskussioonides rõhuasetus tihti selles mõttes eksitav, et räägitakse vaid sellest süsihappegaasist, mis jääb atmosfääri ja toimib kasvuhoonegaasina. Tegelikult on vähemalt sama oluline kliima mõjutaja see süsihappegaas, mis neeldub ookeanis. Kuidas see mõjutab kogu ookeani biokeemia toimimist ja kuidas kliimaprotsessides kaasa mängib? Edusammud selle suuna uuringutes on olnud märkimisväärsed ja neid protsesse on oluliselt paremini tundma õpitud. Fakt, et ookeani võime süsihappegaasi siduda on tohutult vähenenud, on kliimaprotsesside mõistmisel kindlasti põhimõttelise tähtsusega tulemus eelkõige seetõttu, et pikka aega ei osatud sellele kliimamuutuste kontekstis üldse tähelepanu pöörata.

Kui vaadata teisi valdkondi, siis on märkimisväärne see, mis on toimunud energeetika vallas ja suuresti tänu materjaliteaduse edusammudele. Kas siis järjest suurema kasuteguriga ning odavamate päikeseplatade väljatöötamine või lootusrikkad arengud kütuseelementide väljatöötamise vallas. Tulevikuenergeetika on kerkinud väga põletavaks probleemiks ja on selge, et alternatiivid traditsioonilistele energiaallikatele peavad kütusemaailmas tulema. Fossiilsed kütused hakkavad lõppema ja kliimamuutused on ka energeetika vallas viinud uurimistöö rõhu väga tugevalt alternatiivide otsimise suunas. Kujutan ette, et lähema 10–20 aasta jooksul tuleb häid lahendusi, kas või päikeseenergia kasutamise kohta. Teine lähenemine, mida õigesti rõhutatakse, on see, kuidas väiksema energiakuluga hakkama saada.

Tihti tundub, et inimene tunneb valgusaastate kaugusel maailmaruumis toimuvat paremini kui seda, mis toimub meie jalge all, maakera sees. Maakera ehitus on suures plaanis teada, aga ka viimastel aastatel on tulnud palju sellist infot, mis näitab, et me ei tea kaugeltki hästi, kuidas maakera sisemus toimib. Selles vallas on käimas väga palju uuringuid ja ma ei imestaks, kui varsti leitakse ka siin midagi põnevat.

Nagu elu on näidanud, ilmneb teaduses iga kümnendi jooksul midagi niisugust, mida absooluutselt ei oodatud ega osatud ennustada sedagi, millisest valdkonnast see avastus tuleb. Loomulikult võib ka järgmisel kümnendil avastusi tulla ootamatust kohtadest, olen selles suhtes optimist. Ent suundi on raske ennustada. Senist maailmapilti muutvaid avastusi võiks loomulikult oodata füüsikute töömailt, kui CERNi suur osakeste kiirendi lõpuks ikka kavandatud moel tööle saadakse.

Maadeavastused ajus



JAAN ROSS

Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia professor

Need aju-uuringud, mida praegu tehakse, on nagu maakera kaardistamine 15. ja 16. sajandi paiku, kui Kolumbus tegi oma merereise ja Magalhães seilas ümber maakera. Tahame kindlaks teha, millised aju osad on millise funktsiooniga, millised osad on ühe või teise tegevusega seondult aktiivsed.

Selles muusikateaduse harus, mida ma kõige rohkem esindan – muusikapsühholoogia ja kognitiivne muusikateadus –, on ajuaktiivsuse uurimise võimalused viimase paarikümne aasta jooksul plahvatuslikult laienenud. Kui läheme Muusika- ja Teatriakadeemia raamatukogus muusikapsühholoogia riuli juurde ja võtame sealt artiklikogumikke või koguteoseid, mis on viimase kümne aasta jooksul ilmunud, siis päris kindlasti on peaaegu igaühes neist aju-uurimist puudutav peatükk.

Need aju-uuringud, mida praegu tehakse, on nagu maakera kaardistamine 15. ja 16. sajandi paiku, kui Kolumbus tegi oma merereise ja Magalhães seilas ümber maakera. Mida praegu tahame saavutada, on kindlaks teha, millised aju osad on millise funktsiooniga, millised osad on ühe või teise tegevusega seondult aktiivsed.

Meetodeid on erinevaid. Lugejale tuleks rõhutada, et kõik meetodid on mitteinvasiivsed või mitteriivavad, mis tähendab, et neid meetodeid kasutades ei sünni katseisikule mitte midagi halba. Kui vaadata teaduse arengut, siis võimalus ajutegevust mitteriivavate meetoditega uurida on tekkinud alles viimastel kümnenditel – ja seega on oluline neid meetodeid kasutada.

Mõeldes näiteks sellele, mida teadsime aju erinevate osade funktsioonidest 50 aastat tagasi, siis kuulsa Vene neuropsühholoogi Aleksandr Luria teadmised tuginesid paljuskii sellele, mida ta koges Teise maailmasõja ajal peavigastustega inimesi ravides. Luria kirjeldas, kuidas inimesega juhtuvad ühesugused asjad, kui aju saab vigastada ühest kohast, ja teistsugused, kui aju saab vigastada teisest kohast.

Mitteriivavate aju-uuringute üks minu meelest kõige olulisem tulemus on leid, et kõne puhul on ajus aktiveeruvad piirkonnad kergemini lokaliseeritavad kui muusika puhul. Mida tuleb tõlgendada järgnevalt: muusika on tegevus, mis ei ole nii autonoomne kui kõne. Väga loomulik on võrrelda kõnet muusikaga, sest mõlemad kasutavad sama materjali – heli.

Muusika on esiteks seotud keelega: kui inimene laulab, on selles ühendatud nii keel kui ka muusika; teiseks on muusika aga seotud liigutustega: kui inimene mängib pilli, on ta sunnitud end liigutama, sest muidu heli ei teki. Siit tulenevalt aktiveerib muusikaline tegevus palju erinevaid aju piirkondi.

Me võime üsna kindlalt öelda ühte asja: muusika on seotud emotsioonidega. Ja emotsioonidega on viimasel kümnendil aastal hakatud muusikateaduses väga palju tegelema, artiklite ja raamatute hulk on silmatorkav. Kuid kui võtta tänapäeva muusikapsühholoogia, siis isegi sellises küsimuses, kas muusika kannab eneses emotsioone või tekitab emotsioone kuulajas, valitseb paras segadus.

Väga palju on tehtud töid, kus on püütud mõista seda rolli, mida muusika täidab emotsioonide edasiandmisel. Paadunud humanitaarina pean ütleva, et mul on mitmete emotsioone uurivate töde suhtes muusikateadlase aspektist pretensioone. Eeldatakse, et muusikateosesse on kodeeritud mingisugused emotsioonid ja kuulaja saab seda muusikat kuulades selle emotsiooni sealt kätte. See on klassikaline informatsiooniteoreetiline lähenemine ja muusikateaduses ilmselgelt oma populaarsuse kaotanud, samas psühholoogide seas tehakse sellelaadseid katseid päris palju. Ükski muusika uurimisega põhjalikult tegelema inimene ei saa arvata, et muusika eksistentsi peamine mõte peituks selles, et edastada muusika abil informatsiooni.

Pigem käib see niimoodi, et kui inimene kuulab muusikat, siis tähendused konstrueeritakse kuulaja poolt. See segadus viitab sellele, kui vähe suudame midagi asjalikku öelda selle kohta, miks meil muusikat vaja on.

Kui palute esile tuua viimase kümne aasta suurimaid avastusi humanitaarteadustes, siis on see, kui inglise keelest otse tõlkida, nagu õunte ja apelsinide võrdlemine. Humanitaarteadused on lokaalsed, Eesti humanitaarteadustele on olulisem see, mis toimub meie naaberriikides, mitte niivõrd USAs või Kanadas. Sellest tulenevalt saan anda vaid lokaalseid vastuseid, puudutades neid erialasid, mida tunnen.

Eesti muusikateaduse seisukohast on kindlasti üks viimaste aastate, kui mitte aastakümnete olulisim tulemus 1939. aastal läbi viidud masttaapse Eesti muusika salvestamise helisalvestiste leidmine. Arvati, et need on kaduma läinud, kuid ootamatult selgus, et salvestised olid Taanis Århusi arhiivis alles. Ilmselt ei ole tarvis rääkida, kui palju nad rikastavad meie ettekujutust näiteks muusika interpretatsioonist: kuidas 1939. aastal muusikat mängiti ja milline oli orkestrite ja interpretide tase, või millised stilistilised erinevused tulevad ilmsiks võrdluses tänapäevaste salvestistega. Kui rääkida leiust teaduse arengu taustal, siis on selge, et seda ei olnud võimalik prognoosida, see oli lihtsalt õnnelik juhus, et need üles leiti.

Teine näide on teaduse arengu seisukohalt suisa vastupidine ja kuulub keeleteaduse valdkonda. See on «Eesti keele seletussõnaraamat», mida hakati tegema 1950. aastate teisel poolel. Selle valmimiseks kulus üle 50 aasta, aga eesti keele kirjeldamise seisukohast on sel tööil väga suur väärtus. See on kollektiivne töö, milles on osalenud kümneid inimesi.

See näitab, kui erinevalt võivad sündida tulemused, mis on mõne humanitaarse teadusharu seisukohast olulised. Kui loodusteadustele on omane ettekujutus, mille järgi teadlane istub laboris, teeb katseid ja siis avastab midagi, siis need näited demonstreerivad seda, kuidas humanitaarteadustes see tihti nii ei ole.



Universumi portree sai selgemad jooned

Kui palju on universumis tumeainet? Või veelgi salapärasemat tumedat energiat? Kui vana on universum ja kui kiiresti ta paisub? Enne aastat 2003 olid need küsimused kosmoloogide seas vaidluste ja keeruliste arutluste objektiks. Siis tõi satelliit nimega Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) senisest detailsema pildi kosmilisest taustkiirgusest ja paljud küsimused leidsid vastuse.

Kosmiline taustkiirgus on universumi ürgseim valgus, mida kõiksus kiirgas siis, kui oli veel hõõgav plasmakera. Nagu nimi ütleb, on see universumis kõikjal taustal, kuhu me ka ei vaataks, ning väikesed kõikumised selle temperatuuris ja muudes omadustes räägivad meile universumi koostisest ja arengust.

Tänu 2001. aastal orbiidile saadetud WMAPi andmetele sai selgeks, et umbes kolmeveerandi meie universumi massist moodustab salapärane tume energia, veidi alla veerandi salapärane tume-

aine ning vaid neli protsenti on meie poolt nähtava ja käega katsutava tavaaine päralt.

Kui hinnangud universumi vanuse kohta kõikusid varem 12 ja 15 miljardi aasta vahel, siis nüüd sai seda täpsustada 13,7 miljardi aasta peale. Saime teada universumi paisumise kiiruse: 73,5 km/s megaparseki kohta. Ja universumi kuju – lame.

«WMAP pani väga paljud asjad paika,» nagu ütleb leheküljel 21 Martti Raidal.

Sama tulemust – et universumis domineerib tume energia – näitas ka galaktikaid kaardistanud taevauuring Sloan Digital Sky Survey. Mõlemad pakkusid kosmoloogidele ka andmeid, mille abil

uurida ja katsetada inflatsioonihüpoteesi, mille kohaselt läbis universum pärast Suurt Pauku kiire paisumise faasi.

TEISED SAAVUTUSED

Vaimuhädade keerukad põhjused

Skisofreenia, depressiooni ja bipolaarhäire põhjusi otsivad teadlased avasid sel aastal natuke neid keerukaid suhteid geenide, keskkonna ja aju toimimise vahel, mis viivad nimetatud vaimuhädadeni. Näiteks leiti, et depressiooni riskigeeniga inimestel on suurem oht haigestuda, kui nad kogevad 20. eluaastates tugevat stressi.

Loodus kohaneb soojenemisega

Kogunes hulgaliselt uurimusi, mis dokumenteerisid muutuva kliima mõju loodusele. Tähelestatud muutused jõgedes, vooluhulgas, sademetes, taimede ja loomade levikualas ning sigimises on kooskõlas soojeneva kliimaga.

Uued RNA-avastused

Kahel varasemal aastal läbimur-

rete esikümnes olnud RNA oli jätkuvalt pildil ka 2003. aastal, mil kaardistati mikro-RNAd ja RNA interferentsi olulist rolli loodete arengus.

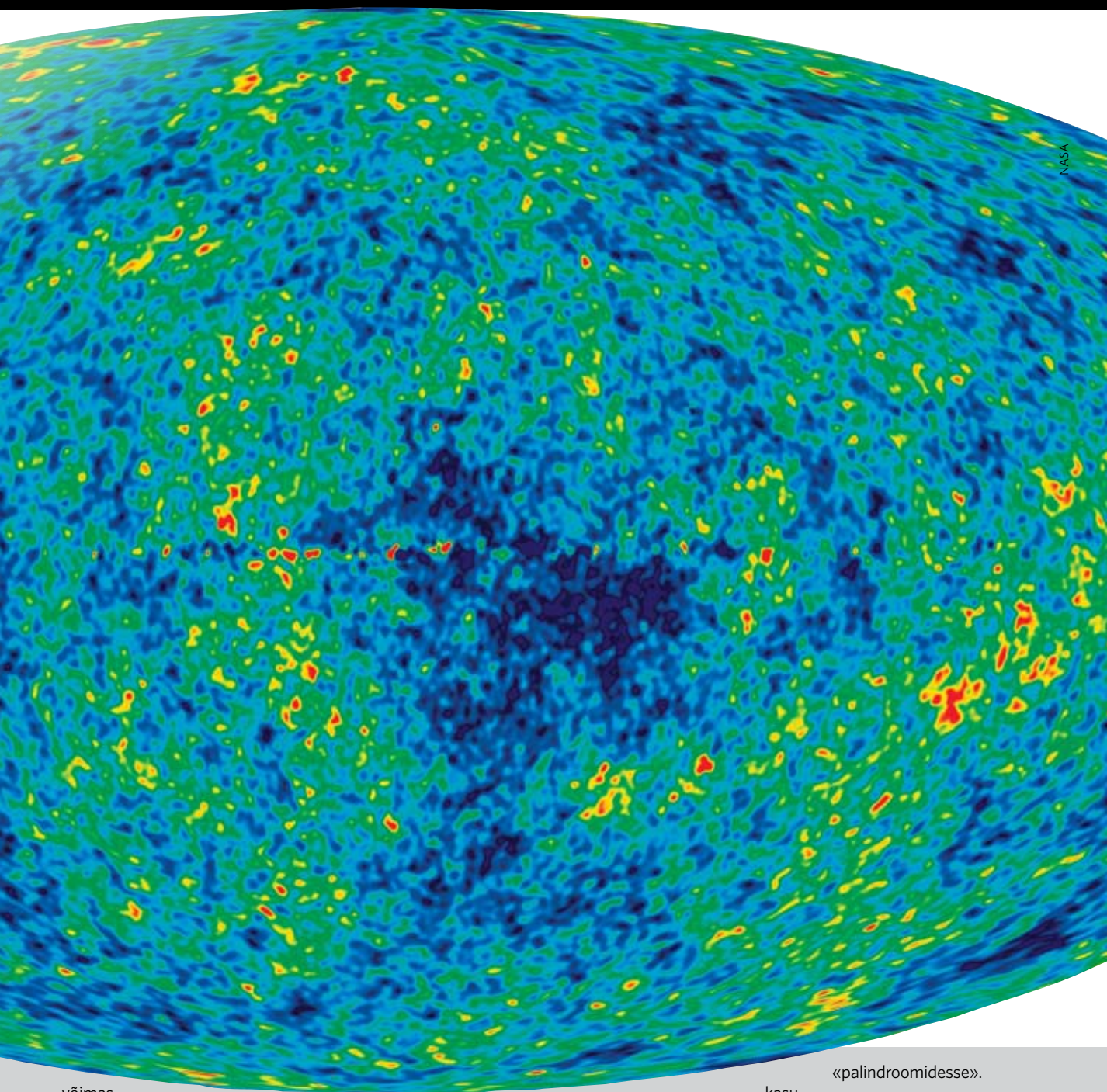
Hiilgavad molekulid

Uudne meetod võimaldas reaalajas jälgida molekulide tegevust, nii saadi jälgida rakus esinevate kinesiiniivalkude liikumist. Katsetama hakati pooljuhtidest nanokristallide ehk kvantpunktidega,

mis hakkavad laserikiire mõjul valgust kiirgama ja võimaldavad molekuli külge kinnitatuna jälgida näiteks antikehade liikumist.

Kosmilised sähvatused

Vaatlused töid selgust gamma-sähvatusete, kõige võimsamate kosmiliste plahvatuste olemuse. Olulisemaks läbimurdeks olid gamma-sähvatusi supernovadega seostavad vaatlused, mis kinnitasid hüpoteesi, et



võimas energiavoog tekib tähe tuuma kollapsil.

Katseklaasilapsed

Hiirte lootelistest tüvirakkudest saab kasvatada nii muna- kui ka seemnerakke, leidsid teadlased sel aastal. Sel moel saab uurida sugurakkude arengut, kuid ühtlasi tõstatasid avanenud uurimistöö võimalused mitmesuguseid eetilisi küsimusi.

Murtud vaidlus

Kahe aasta pikkuse vaidluse järel sai lõpliku kinnituse see, et teatud materjalid on suutelised elektromagnetkiirgust murdma «vales» suunas. Esialgsete tulemuste vaidlustamise järel näitasid sel aastal mitmed töörihmad, et nn negatiivse murdumisindeksiga materjalid toimivad, ja demonstreerisid esimesi efekti

kasutavaid seadmeid.

Mehine kromosoom

Ainult meestel esineva Y-kromosoomi geneetiline järjestus sai loetud. Kui pool kromosoomist näis olevat täis väärtusetut ja arvatavasti kasutat geenimaterjali, siis teine pool näitas uudset viisi, kuidas kromosoom väldib geenide kahjustumist – duplikaatgeenid on koondunud

«palindroomidesse».

Jätame kasvaja janusse

Esimesed ravimid, mis võitlevad vähiga kasvajate veresooni pärssides, andsid katsetustes häid tulemusi. Viis aastat varem suurte lootustega esitletud ravimid olid esimestes katsetustes valmistanud pettumuse, edusammud tulid tänu eri ravimite kombineerimisele ja kasutusele teistel vähivormidel.

RNA maailma avastamine



MART SAARMA

Soome Molekulaarse ja Integreeritud Neuroteaduse tippkeskuse juhataja, akadeemik

Arvan, et bioloogia ja biomeditsiini arengut kõige rohkem takistavaks asjaoluks on see, et me ei mõista endiselt, milliste omadustega valke geenide pealt tehakse. Oskame küll täpselt ennustada, milline on selle aminohappeline järjestus, aga seal meie teaduslik ennustamine lõpeb.

Ma piiritleksin oma vastust eelkõige moodsa bioloogia ja biomeditsiiniga, see on minu eriala. Üht ainsamat suurt läbimurret, mis oleks võrreldav näiteks DNA kaksikspiraali struktuuri selgitamisega, minu meelest viimase kümnendi jooksul toimunud ei ole. Aga väga olulisi verstaposte, mis juba praegu teadust kõvasti muudavad, on õigupoolest mitugi.

Enamik meie eriala inimesi tooks välja selle, et 2001. aastal anti välja inimese genoomi esimene tõmmis. Tegelikult oli juba viis aastat varem selgitatud kogu pagaripärmi genoom, nii et inimese genoomi selgitamine ei olnud kontseptuaalne läbimurre, aga inimine on ikkagi inime. Mida oleme sellest õppinud? Õppisime seda, et suur osa inimese genoomist on selline, mis ei kodeeri valke ja mida geneetilise koodi printsiibi esitaja, kaksikspiraali selgitaja Francis Crick kutsus omal ajal «rämps-DNAks». Nüüd on uued uurimused välja selgitanud, et tegelikult on see «rämps-DNA» väga oluline.

Just seetõttu loeksin kõige põnevamaks viimase kümne aasta tulemuseks pisikeste RNAde – mikro-RNAde alased läbimurded. Need on avastatud küll varem, 1993. aastal kõduussis *Caenorhabditis elegans*, kuid nende tegelik tähtsus, eriti inimese ja teiste imetajate genoomis on selgunud viimase viie-seitsme aasta jooksul. Enamike tähtsate geenide regulatsioonis on mikro-RNAd tõesti erakordselt suure tähtsusega.

Kui kogu RNA-maailma peale mõelda, siis teame nüüd, et pisikesed RNA molekulid võivad reguleerida peaaegu poolt meie geenidest väga olulisel määral. Paljude haiguste puhul on ju küsimus selles, et mõni geen avaldub liiga vähe või mõningatel juhtudel, näiteks vähi puhul, jälle liiga võimsalt, kontrollimatult. Teades, millised RNAd milliseid gene reguleerivad, võime neid takistades – või teistel juhtudel neid «turgutada» – hakata paljusid haigusi ravima. Tänu RNAdele võime põhimõtteliselt arendada täiesti uut tüüpi ravimeid.

Teine asi, mis oli ka avastatud varem, aga mis teadlaste kätte jõudis viimase kümne aasta jooksul, on siRNA (*small interfering RNA*), mille eest on jõutud anda ka juba Nobeli preemia. See on geenide vaigistamise üks mehhanism, võib-olla ka üks vanemaid kaitsemehhanisme, mis esineb evolutsioonis väga erinevatel tasemetel.

Kutsuksin neid saavutusi koondnimetusega uue RNA-maailma avastamine. Suurele osale inimese genoomile mõtestatuse andmine on minu jaoks üks suuremaid läbimurdeid.

Kindlasti võiks viimast kümmet aastat vaadata ka meetodite arengu seisukohalt. Teadus ei sõltu mitte ainult uutest ideedest ja kontseptsioonidest, vaid alati ka uutest meetoditest, võimalustest vaadata ja uurida maailma uuel viisil. Meetodid viivad alati teadust väga võimsalt edasi.

Kui selle peale mõelda, siis võib öelda, et kõiksugune kuvandamine on teinud seitsme-

penikooramasabastega hüppeid edasi. Me võime rääkida suurtest edusammudest raku tasemel, on loodud uusi mikroskoopia printsiipe, vanu printsiipe, näiteks elektron- ja valgusmikroskoobe on edasi arendatud nii, et me võime näha selliseid asju, mida me varem ei võinud näha. Näiteks krüoelektronmikroskoopiaga võime näha suurte viiruste ja valkude komplekside ehitust peaaegu atomaarsel tasemel. Ka inimese, eriti tema aju kuvamisel on suuri edusamme.

Teine valdkond, mida tahaksin rõhutada, on biomolekulide analüüsi meetodid, eelkõige mass-spektromeetria. Sellegi kohta võib öelda, et ta on kaua meie käsutuses olnud – aga ta oli pikka aega sisuliselt kasutamiskõlbmatu valkude, nukleiinhapete ja teiste suurte biomolekulide uurimiseks. Viimase kümne aasta jooksul on meetod muutunud selliseks, et me võime seda reaalselt iga päev laboris kasutada ja see on olnud väga suur samm bio- ja biomeditsiini arengus.

Paljud inimesed loodavad, et enam ja enam sekveneerides või valkude omavahelisi interaktsioone aina paremini selgitades suudame suuri probleeme lahendada. Mina arvan natuke teistmoodi.

Arvan, et bioloogia ja biomeditsiini arengut kõige rohkem takistavaks asjaoluks on see, et me ei mõista endiselt, milliste omadustega valke geenide pealt tehakse. Oskame küll täpselt ennustada, milline on selle aminohappeline järjestus, aga seal meie teaduslik ennustamine lõpeb. Me ei suuda ühemõtteliselt ennustada, milline valk vastava geeni pealt sünteesitakse ja mida see valk teeb. Millise struktuuriga ta on või millise nukleiinhappega ta interakteerub? Niikaua, kuni me neid küsimusi ei suuda lahendada, ei suuda bioloogia minu meelest lahendada praegu meie ees seisvaid keskseid probleeme – kuidas rakkude jagunemist reguleeritakse, mõista haiguste patogeeni jne. Me vajame siin väga tõsist sammu edasi.

Kui teistest minu erialaga seotud asjadest rääkida, siis me ei mõista eriti, kuidas toimib aju. Me ei mõista tegelikult, millistel mehhanismidel põhineb inimese mälu, võime mõelda või tunda. Me ei tunne praktiliselt ühegi kroonilise neuroloogilise haiguse, eelkõige neurodegeneratiivsete haiguste põhjusi, meil ei ole ravimeid nende raviks. Need küsimused vajavad lahendamist. Kahtlen natuke, kas me järgmise kümne aasta jooksul neid ajuga seotud probleeme lahendame, aga loodan, et tulevad esimesed ravimid, mis suudavad vähemalt nende haiguste kulgu pidurdada.

Teadlaste kasvatamisel peame arvestama, et väga oluline on selliste inimeste koolitamine, kes suudavad lahendada suuri küsimusi. Inimesi peab koolitama selles suunas, et nad julgevad esitada küsimusi, seada olemasolevaid dogmasid kahtluse alla, vaielda, pidada tuntud teadlaste seisukohti mittelõplikeks jne. Nõustumine kõigiga, kõige vastuvõtt viimase instantsi tõena on teadusele mürk. Tõenäoliselt peame ülikoolides õpetamise parandamises tegema tõsisemad samme.



Teaduse avanemine avalikkusele



JÜRI ALLIK

Tartu Ülikooli
psühholoogiaprofessor

Positiivne külg on see, et tohutu hulk inimesi saab ruttu teada, mis teaduses juhtub. See on kindlasti väga hea – ja teadus täidabki seeläbi oma ühiskondlikku funktsiooni. Aga sellel on ka negatiivne külg: kuna surve on nii suur, kipuvad kõik oma teaduslikke saavutusi üle tähtsustama.

Kümne aasta viimane kõige suurem muutus on teaduse enda levitamise tehnoloogias. Kui teadus 19. sajandil tekkis, võeti omaks selleaegne majandusmudel ja veel kümme aastat tagasi domineeris täielikult, et teadusajakirjanduse maksid kinni tarbijad ehk põhiliselt raamatukogud. Nüüd on kõik aru saanud, et teadus on ka avalik hüve ja kuna enamus teadust tehakse maksumaksja raha eest, peaks tulemused olema maksumaksjale kättesaadavad, kui tal tekib huvi. USA Kongress on otsustanud, et kogu Ameerika maksumaksja rahaga tehtud teadus peab olema igal juhul avalikkusele kättesaadav. Arvan, et massiivne *open access* (teadusartiklitele vaba juurdepääs – toim.) liikumine majandusmudeli täieliku ümberkujundamise nimel on kõige suurem mõtteviisi muutus. Majanduslikult ei ole murdepunkt veel saabunud, aga targad inimesed saavad aru, et levitamise viis niikuinii muutub.

Teine suur muutus teaduses ja teaduse korralduses on see, et kunagi varem pole olnud nii suurt avalikku huvi teaduse vastu. Mäletan, Eestis jõudis kümme aastat tagasi väga harva mõni teadusuudis Eesti Päevalehe või Postimehe või ükskõik millise ajalehe külgedele. Aga nüüd, kui teaduses toimub mingisugune tõeline sündmus, siis on see järgmise päeva ajalehes sees. See on väga suur muutus ja ütleksin, et see on muutunud teaduse tegemise loogikat. Vanasti oli teadlase eesmärk saada avaldatud väga heas ajakirjas, aga nüüd on olulisem see, kas uurimusest tuleb hea pressiteade. Olen enda kogemuse põhjal ajakirjadega Science ja Nature aru saanud, et ühest hetkest, kui on otsustatud, et artikkel on avaldamiseks vastu võetud, siis ei huvita enam kedagi artikkel, kõik tegelevad sellega, milline tuleb pressiteade.

Positiivne külg on see, et tohutu hulk inimesi saab ruttu teada, mis teaduses juhtub. See on kindlasti väga hea – ja teadus täidabki seeläbi oma ühiskondlikku funktsiooni. Aga sellel on ka negatiivne külg: kuna surve on nii suur, kipuvad kõik oma teaduslikke saavutusi üle tähtsustama. Näiteks eriti geneetikas «avastatakse» igal nädalal uus geen, mis seletab ära küll huumori, homoseksualismi, altruismi, musikaalsuse või mille iganes. Rangelt võttes on need teated valed, sest näiteks muusikal pole ühtegi geeni, parimal juhul seletavad need üks-kaks protsenti andmete hajuvusest. Mõned laborid töötavad väga nahaalselt selle nimel, et nende tulemused oleks piisavalt sensatsioonilised, teaduslik sisu huvitab neid vähem.

Teaduses endas on samuti toimunud väga huvitavad muutused. Pigem negatiivse poole pealt on silma jäänud, et teoreetiline füüsika ja kvantfüüsika, mis on olnud teaduse intellektuaalsed liidrid väga pikka aega, on nüüd huvitavalt kombel – vähemalt minu silma järgi – kaotanud selge piiri, millele nad tegelevad. Mulle tundub, et mõned lihtsad asjad on palju olulisemad. Üks asi, millest olen sattunud lugema ja mis tundub fantastiline, on grafeeni avastamine. Uskumatu,



AFP/SCANPIX

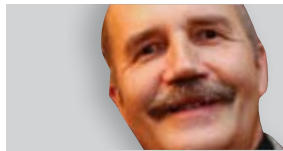
et nii lihtsate vahenditega avastati materjal, mis tõenäoliselt revolutsioneerib kogu materjalitehnoloogia ja elektroonika. Tore, et Nobeli komitee oli sama meelt ja andis selle aasta füüsikapremia Andre Geimile ja Konstantin Novosjolovile.

Minu enda huvialasid puudutavates valdkondades, humanitaar- ja sotsiaalteadustes, on kahtlemata suurimaks muutuseks geenitehnoloogia. Olulisim on see, kui kiiresti on jõutud edasi minna, kui odavalt ja kui väikestest ainekogustest on võimalik sekveneerida geenide järjestusi. Kui mõtlen näiteks sellele, mida Richard Villemis ja tema kolleegid on teinud, siis need annavad vastuseid fundamentaalsetele küsimustele, millele seni mingit vastust ei olnud: kas või see, kust olid pärit Euroopa põllupidajad. Meie teadmised inimkonna ajaloost avarduvad fantastilise kiirusega ja fantastilises suunas, mille kohta poleks keegi osanud arvata, et see üldse võimalik on.

Kui genoomi määramine muutub nii lihtsaks, nagu ta töötab kujuneda, siis võidavad paljud valdkonnad. Kujutan ette, et psühholoogias ei võeta kümnekonna aasta pärast artiklit vastu, kui seal ei ole katseisikute genoom määratud. Kõik teadused, mis tegelevad inimesega, hakkavad saama nii palju rohkem bioloogilist informatsiooni.

Bioloogi perspektiivist võttes on kõige suurem muutus ikkagi ajukuvamise meetodid, mis on väga kardinaalselt muutnud uurimise temaatikat. Kahtlen, kas uurimise tulemusel oleme leidnud midagi väga põhimõtteliselt sellist, mida me varem ei teadnud, aga võimalus ja viis tunda inimese ajju ja jälgida, mis seal toimub, on uurimist tohutul arvandanud. Ja neid meetodeid tuleb aina juurde. See on eelkõige tehnoloogiline läbimurre ja väga põhimõttelist revolutsiooni arusaamises pole olnud, aga selles osas on jällegi hea loota järgmise kümne aasta peale.

Teadus 2001–2010: mis meenub?



JAAK KIKAS

Füüsik, TÜ Füüsika Instituut

Aga ehk ongi Emake Loodus kõik olulise juba meile ära öelnud. Ja tuleb leppida sellega, et on küsimusi, mis jäävadki vastuseta. Ning see, et alus- ja rakendusuuringute tasakaal näib järjest rohkem nihkuvat viimaste kasuks, on tingitud asjaolust, et fundamentaalteadust saavad toita vaid uued fundamentaalavastused (mida napib).

Hakates meenutama, mida viimase aastakümneni teaduse tippudelt meelde jäänud, selgus, et seda polegi nii palju. Eelmised kümnendid olid nagu rikkamad: 1980. aastad just tahkise- ja materjalifüüsikale: fullereenid, kvaasikristallid ja kõige silmapaistvamana muidugi kõrgtemperatuurne ülijuhtivus. Ka möödunud sajandi viimasest kümnendist on, mida meenutada: top-kvark, optilised metamaterjalid, Antarktika jääalused järved, universumi kiirenev paisumine, kloonitud lambuke Dolly.

Kuigi viimasel kümnendil on jätkunud teaduste kiire areng, sh ka viidatud varasematest avastustest lähtuv, meenuvad pigem vastuseta jäänud küsimused. Leidmata jäi Higgsi boson, vastuseta on küsimus tumeaine füüsikalisesest olemusest, rääkimata universumit kiirenevalt paisutavast tumeenergiast. Ei ole meil veel ka töötavat termotuumajõujaama (ega seda muidugi nii kiiresti oodatagi).

Muidugi – pandi kirja inimese genoom. Aga see on pigem tehniline saavutus ja ehk ka tulevaste suurte avastuste alus kui teaduslik avastus *per se*. Bioloogia vallast võtaks siis juba maamärgilisemaks sünteetbakteri loomist Craig Venteri ja tema meeskonna poolt – seegi on iseenesest ju tehniline saavutus.

Vahest oleksingi suisa raskustes, kui Nobeli füüsikakomitee hiljutine otsus poleks lisanud kaalu asjale, mis ehk kõige kindlamalt ka siiklikule vaekausile jäänud: grafeen. Üliõhuke süsinikmaterjal, grafiidi koostisis, sai äkki iseiseisva eksistentsi ja sellest kujunes tänapäeva tahkise- ja materjalifüüsika üks «kuumemaid» uurimisobjekte. Nobeli 2010. aasta füüsikapreemia grafeeni avastamise eest kahele välismaal töötavale vene teadlasele (Andre Geim ja Konstantin Novosjolov Manchesteri Ülikoolis aastal 2004) oli üks kiiremaid preemia ajaloo. Muidugi mitte nii kiire kui kõrgtemperatuurse ülijuhtivuse avastamise eest juba järgmisel aastal saadud preemia, aga siiski ainus eelmisel kümnendil välja antud Nobeli füüsikapreemia, mis saadi samal kümnendil tehtud avastuse eest.

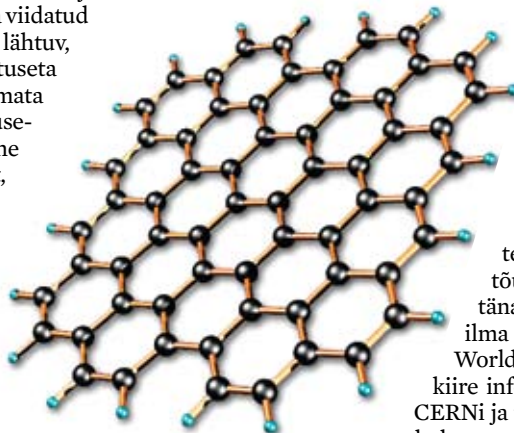
Mis grafeeni juures võlub? Alati on ju vaimustav, kui võimalikuks osutub miski, mida on peetud võimatuks – nii oli see omal ajal ka kvaasikristallide ja kõrgtemperatuurse ülijuhtivusega. Grafeen on reaalsuses eksisteeriv kahemõõtmeline kristall. Kahemõõtmelisi kristalle (perioodilisi struktuure) ei saa aga teoreetiliselt eksisteerida. Nende eksistentsi võimatus on järeldus üldisest Merminist-Wagneri teoreemist – sellised süsteemid ei saaks olla stabiilsed. Kuidas siis grafeen Merminist-Wagnerist mööda hiilib? Aga sedasi, et tõmbab ennast õrnalt lainesse – ja siis

ta pole rangelt võttes enam kahemõõtmeline. On seda aga praktiliselt kui kõige õhem mõeldav materjal.

Siia lisanduvad veel mitmed ekstreemsed omadused: erakordne tugevus, ülilhead elektrilised omadused. Elektronseisundite omapära tõttu grafeenis elektronid justnagu kaotaksid oma massi ja käituvad nagu ultrarelativistlikud osakesed, st osakesed, millel seisumass puudub. Ka see on tahkiste jaoks pretseedenditu situatsioon.

Konkreetsete teaduslike avastuse kõrval mak-sab aga silmas pidada ka teaduse üldise arengutendentse, teaduse sisu ja positsiooni muutust ühiskonnas. Oleks ju ilmselt ebatõenäoline ole-

tada, et teadus toimib (ja saab veel kaua toimima) samuti nagu näiteks 50 aastat tagasi. Selleks on kogu ühiskonnas toimuvad muutused liiga kiired. Millele muidugi ka teadus on oma tubli tõuke andnud – sai ju tänapäevaks kogu maailma endasse mässinud World Wide Web alguse kiire infovahetuse vajadusest CERNi ja teiste teaduskeskuste vahel.



Kindlasti vajutab teadusele oma pitseri kasvav «projektsus» – orienteeritus suhteliselt lühiajalistele ja prognoositava väljundiga uuringutele. Aga ehk ongi Emake Loodus kõik olulise juba meile ära öelnud. Või vähemalt selle osa, mida kavatses öelda? Ja tuleb leppida sellega, et on küsimusi, mis jäävadki vastuseta. Ning see, et alus- ja rakendusuuringute tasakaal näib järjest rohkem nihkuvat viimaste kasuks, on tingitud asjaolust, et fundamentaalteadust saavad toita vaid uued fundamentaalavastused (mida napib), samas kui rakendusuuringud (ja neil baseeruvad arendustööd) saavad veel kaua tugineda juba olemasolevatele alusteadustele. Muidugi vajaksid sellised väited tõestuseks tublit stsientoloogilist (mitte segi ajada saientoloogiaga :) uuringut ja on siinkohal vaid kirjutaja subjektiivne mulje.

Võiks siiski viidata ühele hiljuti avaldatud uurimusele füüsika ja keemia nobelistide tsiteeritavuse kohta läbi preemia saja-aastase ajaloo. Põhitulemuse võiks kokku võtta nii: kui preemia esimesel «kolmandikajal» kõrgsüd nobelistid kui üksikud mastimännid madala võsa kohal, siis viimasel kolmandikul on nad (viidetega mõeldeta) tuntuuse poolest pea märkamatu kümnete kui mitte sadade sama tublide kolleegide seas.

Loomulikult on see seotud teaduse diferentseerumisega, seda tendentsi võib aga ka killustumiseks nimetada ja siit johtuvad teadusele krut-siaalsed küsimused seesmisest integreeritusest, teaduslike teadmiste siirdest (üld)haridusse, teaduskommunikatsioonist jne, mis aga jäävad juba selle kirjutise raamidest väljapoole.



Elu eeldustest energiani



MAREK STRANDBERG

Riigikogu liige, Tarkade Klubi kolumnist

Energia kokkuvahid on muutumas elukeskkonna kavandamise loomulikuks osaks. Eks see ole ka osa teadvustamisest, et Maa kliimaga toimuvad tõepoolest muutused.

Tähelepanekuid viimase kümne aasta avastuste kohta, alustades viimastest.

Vahemerest leiti hulkrakseid hapnikuta toime tulevaid elusorganisme (vaata ka Tarkade Klubi 2010. aasta mainumbrit). Varem olid teada ainult viirused ja ainuraksed, kes sellistes oludes toime tulevad. N ud on muide põhjust ümber vaatama hakata ka võimaliku elu ja ka ilmselt võimaliku mõistliku elu eeldusi. Ehk võime ümber hinnata ka meie l hiplaneetide võimalikku elusust? Teine m rkimisv arnev avastus selles seoses on Marsilt leitud vesi.

Astronoomias ja astrof iisikas on maailma-ruumi viidud vaatlusseadmetega tehtud terve rida tähelepanekuid, mis on selgitanud arusaama nii universumi ehitusest kui ka ajaloost.

M rkimisv arnev on sellise teadusmasina nagu raskete osakeste p rguti (LHC) rajamine Euroopa Tuumauuringute keskuses. Küsimusi, millele see seade vastuse peab andma, on külluses. Muu hulgas ka sellele, mis on raskusjõu iseloom. Katsetulemusi ja arvandmeid on aga juba sedavõrd palju, et järgmiseks küsimuseks on see, millised peaksid olema need arvutid, millega need andmed teadmiseks töödeldakse.

2000. aastal lõppes inimgenoomi projekt, mille tulemusena avanesid uued horisondid nii inimese põlvnemise ja geneetiliste seoste kui ka haiguste ning võimete põhjuste uurimiseks ja väljaselgitamiseks. Inimgenoomi projektiga seotud Craig Venter monteeris kokku tehisliku raku, mis kuulub samuti viimase kümnendi saavutuste hulka.

Sajandi algusaastate jooksul on loodud põhimõttelised eeldused selleks, et kasvatada organeid või nende osi. Aasta eest avaldati uurimus,

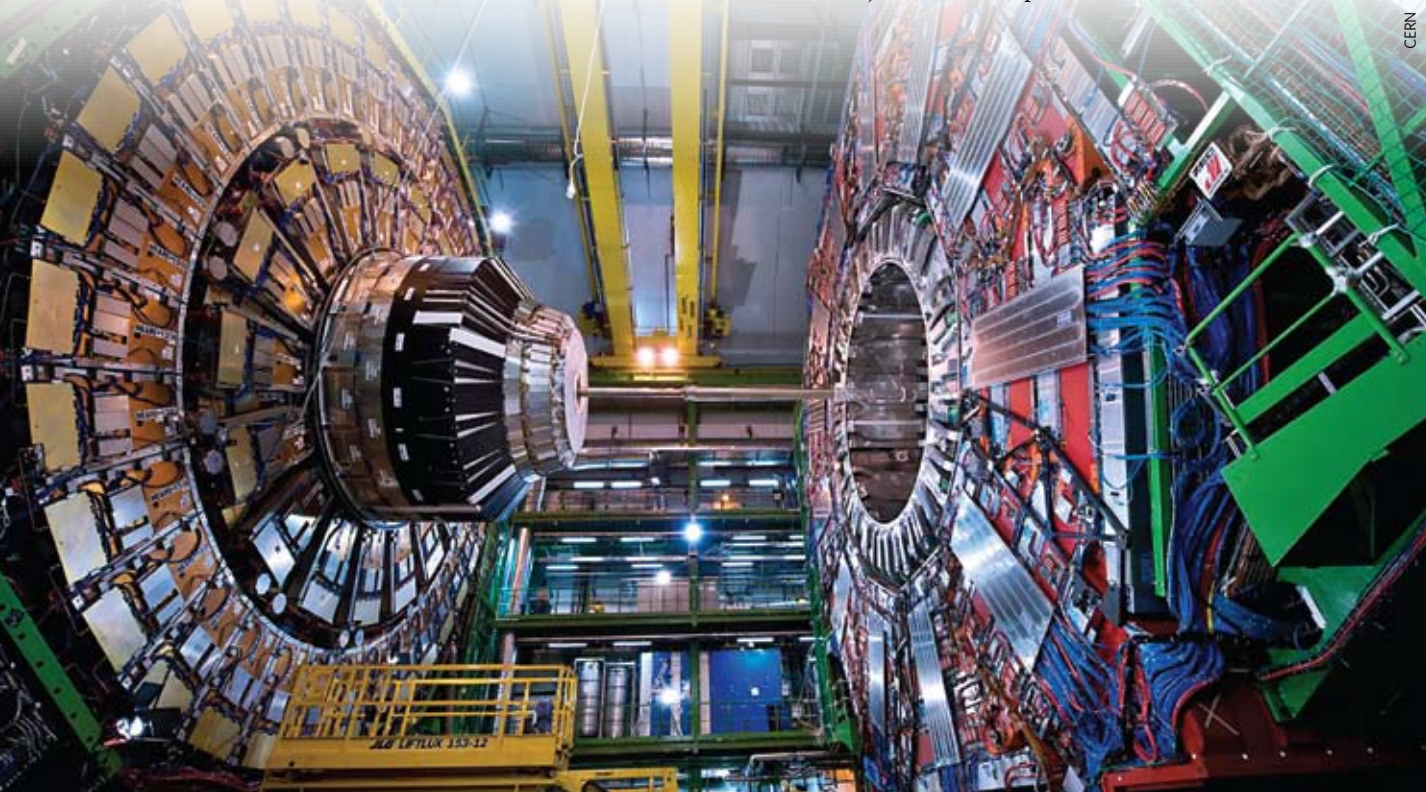
mille kohaselt  nnustus tüvirakkude abil taastada m rkimisv arselt inimese n gemisv imet.

Tundub, et tehnoloogiliselt on mööda saamas suurte ja k itusekulukate autode masskasutuse ajajärk, pigem on need sõidukid muutunud  likalliteks m ngusjadeks, millega ehk ka mingeid uusi tehnikaid katsetatakse. Olgem ausad, ent ilmselt ei saa olla laia kasutust kaheistmelisel 600hobuj ulisel sõidukil, mis t iskirusel t hjudab 90liitriise k itusepaagi 20 minutiga ning millel on juba ainuüksi mootori tööks vajaliku  hukoguse pumpamiseks mõeldud kompressori võimsus 120 hj.

Inimesed on harjumus küsima ka kinnisvara-maakleritelt ja ehitajatelt: «Vabandage, mis on selle maja küttekulu?» Energia kokkuvahid on muutumas elukeskkonna kavandamise loomulikuks osaks. Eks see ole ka osa teadvustamisest, et Maa kliimaga toimuvad tõepoolest muutused. Seegi teadmine on omaks võetud just viimase kümne aasta jooksul.

Tõsi, see on tekitanud suure hulga debatte: kas Maa kliima muutused on inimtekkelised või mitte? Kahjuks ei saa me Maaga teha ühtki korduvatkatset, aga vaatamata sellele tuleb meil nende muutustega toime tulla.

Tegelikult on ilmselt nii, et aastate pärast märgatakse just sellist 2000–2010 aasta vahel j anud teadusavastust, mis on osutunud uudseks mõnes hilisemas seoses, ja nobelistide hulgas näeme neid, keda täna ehk tähelegi ei pannud. Võtame või grafeeni ( heatomaarse s sinikkile), mille avastamise lugu jäab poole sajandi taha, kuid uudsed tähelepanekud grafeeni alal t id kahele Manchesteri  likoolis t otavale vene f iisikule, Geimile ja Novosjolovile, 2010. aasta Nobeli preemia. Arvatavasti avastatakse praegugi midagi sellist, mille tähendus ilmneb alles aastate pärast.



CERN



2004

Kulgurid tõid lõpliku kinnituse Marsi veele

Jaanuaris Marsi pinnal maandunud kulgurid Spirit ja Opportunity on osutunud kõige pikaealisemateks ja informatiivsemateks Punase planeedi uurijateks, kes seni meie käsutuses on olnud. Esimesel tegevusaastal tõid nad muu hulgas vastuse küsimusele, mille üle oli pikka aega vaieldud – kas Marsil voolas kunagi vesi?

Kaudsemaid tõendeid Marsi veest oli leitud juba varem, kas või orbitaalsondidelt tehtud piltidelt pinnavormide kuhu uurides. Kuid need olid kulgurite robotkäsi, kaamerasilm ja mõõteriistad, mis näitasid kunagise vee kohta geoloogilisi tõendeid. Leitud mineraalid ja mõõdetud kivimite koostis said tekkida vaid vee olemasolul.

Nii leidsid kulgurid Marsi pinnalt ja pinna alt raud-

oksiidmineraali hematiti kuulikesi, mille sai selliseks lihvida vaid vesi. Opportunity rataste all lebas aga kiht soolasid, peamiselt magneesium-

See annab tuge mõttekäigule, et ka naaberplaneedil võis kunagi olla elu või võib see seal püsida tänaseni.

ja kaltsiumsulfaate, mis olid veega kivimitest välja leostunud ja iidse veekogu põhja settinud. Marsi pinnal askeldanud kulgureid toetas ülalt planeedi orbiidilt sond Mars Global Surveyor.

Lisatõendeid kunagise – ja ehk isegi praegu veel jää kujul

pinna all peituvat – vee kohta Marsil on toonud ka hilisemad planeedile saadetud sondid, teiste seas Phoenix. See kõik annab tuge mõttekäigule, et ka naaberplaneedil võis kunagi olla elu või võib see seal vastupidavate bakterite näol püsida tänaseni.

Senised sondid ja kulgurid pole küll suutnud vajalikke tõendeid leida ning õigupoolest pole see enamasti olnud ka nende eesmärk, kuid järgmiste uurimisprogrammidega loodetakse ka sellele küsimusele vastus leida.

Algselt 90päevaseks missiooniks mõeldud kulgurid on ootusi aga igati ületanud. Spirit jäi küll eelmise aasta kevadel liiva kinni ja kontakt temaga katkes sel sügisel, kuid Opportunity rühhib visalt Marsi punasel pinnal edasi.



TEISED SAAVUTUSED

Indoneesia kääbik

Indoneesiast Florese saarelt leiti kääbuskasvu inimlase luid. *Homo floresiensis*'eks ristitud inimlik jagas saart ilmselt tänapäeva inimesetega ja suri välja alles 18 000 aastat eest. Järgnevaid aastaid on täitnud vihane vaidlus, kas tegu



on eraldi inimliigiga või pigem haiglaslikult väikeste tava-inimestega.

Kloonida inimest?

Lõuna-Korea teadlased näitasid enda sõnul, et rakuuuma siirdamise tehnika, millega on kloonitud mitmeid teisi imetajaid, töötab ka inimrakkude puhul. Järgmisel aastal paljastati saavutus aga pettusena ning

töörühma juhtinud Hwang Woo-suk naelutati häbiposti.

Uued kondensaadid

1995. aasta läbimurde tiitliga pärjatud kondensaadid ehk aatomid, mis ülijahutatud olekus käituvad nagu üksainus aatom, olid taas rambivalguses. Esmakordselt õnnestus kondensaate teha elementaarosakeste klassist nimega fermionid, samuti oli esmakordne tahkise tegemine

kondensaadiks.

DNA-varamu

Genoomi kammimine tõi päevalgele uusi viise, kuidas geenide avaldumist kontrollitakse. Peale juba käsitletud RNAde leidsid teadlased genoomis lühikesi DNA juppe, mis ei kodeeri valke, kuid mõjutavad geenide avaldumist. Need aktivaatorid mängivad uuringute järgi rolli uute liikide tekkes.



Pulsaripaar

Astronoomid leidsid esimese teadaoleva kaksikpulsari, süsteemi, milles teineteise ümber tiirlevad kaks majakana kiirgavat neutrontähte. Kaksikpulsari omadused hämmastasid astronoomide ja lubasid esimest korda vaatluste teel uurida nende omapäraste tähtede plasmat.

Kahanev liigirikkus

Suured bioloogilise mitmekesi-

suse uuringud näitasid muretekitavaid andmeid, kui paljud liikidest on ohustatud ja kui palju on liigirikkus juba kahanenud.

Üllatav vesi

Sel aastal puhkesid vaidlused nii tavapärase asja üle nagu vesi. Näiliselt lihtne ja hästi uuritud aine üllatab teadlasi oma eriliste omadustega ikka ja jälle. Sel aastal vaieldi vedela vee struktuuri üle ja ionide jaotuse üle suurtes

veekogudes, samuti uuriti peenel tasandil vee keemiat.

AE-tervis

Uueks trendiks on osutunud era- ja avaliku sektori koostöö arengumaade elanike tervise parandamiseks ja uute ravimite väljatöötamiseks väga levinud haiguste, nagu aidsi ja malaaria vastu. Üheks suurpanustajaks on näiteks Bill ja Melinda Gatesi asutatud fond.

Geenid on kõikjal

Teadlased on agaralt kasutama asunud uut meetodit, mis võimaldab mikroelustikku DNA-analüüsiga kindlaks teha. Varem saadi määrata vaid neid mikroobiliike, kes laboritingimustes paljunesid, kuid nüüd saab pinnase- või veeproovi sekveneerides tuvastada kogu elustiku. Sel aastal uuriti näiteks Sargasso mere vett, sügavate kaevanduste elustikku ja taluõue pinnast.

Pilk evolutsioonile avardub



IVAR PUURA
paleontoloog

**Evolutsiooni-
nähtuste
uurimine
ühendab täna-
päeval täppis-
teadusliku
lähenemise
ja ajaloolise
perspektiivi.
Lisaks püü-
takse tänapäe-
val iga üksiku
liigi arengu-
lugu või levi-
kumustreid
selgitades ar-
vestada terve
ökosüsteemi
seoste ning
globaalse
levikuga.**

Charles Darwini poolt 150 aasta eest tervikuks ühendatud elu arengu põhiideed on ka tänaste lähenemiste tuumaks: (1) elu arengu loogika seletub läbi põlvnemissuhete, mida on võimalik jälgida kaugete eellasteni; (2) elu toimimist ja arengut uurides leiame valikumehhanisme kõigil tasanditel. 21. sajandil esimesel kümnendil on üheks olulisemaks evolutsioonilise mõtte teljeks evolutsiooniline arengubioloogia, mis kaasab lisaks Charles Darwini ideedele mitmete 19. sajandi tippteadlaste, sh Karl Ernst von Baeri ja Geoffroy St. Hilaire'i ideid.

Scott Gilbert on evolutsioonilise arengubioloogia põhiprintsiibi kokku võtnud järgmiselt: «Evolutsioon toimub organismi kasvu reguleerivate pärilike muutuste kaudu. Geenid loovad organismi kasvades uusi morfoloogilisi struktuure. Seega tuleb selleks, et saada aru evolutsioonist ehk bioloogilise mitmekesisuse tekkeloost, mõista kõigepealt organismi arengut. Et mõista, kuidas uimest saab jalga, tuleb uurida geenide ekspressiooni uime ja jala kasvamisel ning selle evolutsioonilisi muutusi. Kui evolutsiooni alus on olemasolevate geenide ümberkombineerimine, siis see toimub organismi kasvu reguleerivates geenides.»

Teoreetilised arusaamad sellest, kuidas uimest saab jalga, on inspireerinud ka paleontolooge otsima varajaste neljajalgsete vahetuid eellasi, kes elasid Devoni ajastul, enam kui 360 miljoni aasta eest. 2008. aastal avaldasid Uppsala Ülikooli teadlased Catherine Boisvert ja Per Ahlberg koostöös Tallinna Tehnikaülikooli kolleegi Elga Mark-Kurikuga ajakirjas Nature artikli, kus kirjeldasid Devoni kala *Panderichthys*'e esijäseme ehitust. Põhja-Lätist Lode karjääri savist leitud kivistise ehitus selgus tänu kompuutertomograafi uuringutele ühes Tallinna haiglas (loe lähemalt Tarkade Klubi, mai 2009). Juba sellel kalal olid uimede asemel esijäsemed, mille ehitus on väga sarnane varajaste neljajalgsete jäsemete ehitusega. Mitmetel varajastel neljajalgsetel oli esijäsemel rohkem kui viis «sorme» – seitse, kaheksa või enamgi. Molekulaargeneetilistest uuringutest on teada, et nii kalade uimede kui inimese käelaba arengut kontrollib sarnane rühm regulaatorgeene. Ka mõned (kuid mitte kõik) inimese paljusõrmelisuse (polüdaktüülia) juhtumid võivad olla seotud mutatsioonidega, mis tekitavad inimkää seisundeid, mis mõneti sarnanevad varasemas evolutsioonis esinenud esijäsemete ehitusplaanidega.

Evolutsioonilise (*evo-devo*) ning ökoloogilise (*eco-devo*) arengubioloogia võtmes uuritakse aktiivselt ka geneetiliselt lähedaste organismide arengu plastilisust, mida on pärilikkuse-uuringutes kirjeldatud reaktsiooninormina. Tuntakse huvi keskkonnafaktorite vastu, mis võivad esile kutsuda erinevaid geeniekspressioone, mille tagajärjel võivad välja kujuneda erinevate tunnustega liigikaaslased. Ka Darwini tähelepanekud koera- ja tuvitõugude ning kultuurtaimede varieeruvuse uuringute käigus pakuvad siin rikkalikku empiirilist materjali.



POSTIMEES/SCANPIX

Üks 21. sajandi olulisemaid perspektiive avardada pilku evolutsioonile peitub võimaluses uurida nii põlvnemissuheteid kui ka organismide levikut informaatikapõhiselt. Teadmised valgumolekulide, sh DNA struktuurist (1953), sellele järgnenud molekulaarbioloogia tormiline areng ning tehnoloogilised lahendused, nagu polümeeraasi ahelreaktsioon (PCR, 1983) on andnud näo tänasele elurikkuse informaatikale.

Võrreldes eelmise sajandi aparatuuri ja meetoditega, on 21. sajandi esimesel kümnendil jõutud laborivõimsusteni, kus mõnede riikide uurimisprogrammides on tuhandete tervikgenoomide järjestamine aastas. Rõhuasetus nihkub üha enam toorandmete tootmiselt nende analüüsile – olulisteks uurimisvahenditeks on muutunud rahvusvahelised andmebaasid ning nende töötlemise vahendid.

21. sajand on andnud uusi võimalusi uurida veel üht Darwini lemmikteemat – organismide kooselu ning selle edenemist mitmete põlvkondade jooksul, mida tänapäeval kutsutakse ko-evolutsiooniks. Näiteks on viimase paari aasta jooksul kindlaks tehtud sadu mikroskoopilisi seeneliike, kes ei ole üldse teisel moel äratuntavad ega kirjeldatavad kui DNA tasemel. Samas on selgunud, et suurem osa taimi ei suuda kasvada ilma seenest kaaslase ehk sümbiondita. Sellest tuleneb ka otsene väljund looduskaitseks: põhjus, miks mingi haruldane taim kindlas kohas kasvab, võib peituda mitte taime «kapriissuses», vaid hoopis selles, kas kasvukoha tingimused on soodsad tema kaaslaseks olevale seenele.

Suur osa tänaseid organismide põlvnemissuhete, kooselu ja liikide levikumustrite uurijaid tegelebki DNA või teiste valkude järjestuste analüüsimisega ning nende sarnasuste ja erinevuste tõlgendamisega ülemaailmsete andmebaaside ja arvutiprogrammide abil. Teiste sõnadega, evolutsiooninähtuste uurimine ühendab tänapäeval täppisteadusliku lähenemise ja ajaloolise perspektiivi. Lisaks püütakse tänapäeval iga üksiku liigi arengulugu või levikumustreid selgitades arvestada terve ökosüsteemi seoste ning globaalse levikuga, mille jaoks Darwini ajal ei olnud veel ei teoreetilist baasi ega piisavalt andmeid.



Uus pilt maailmameredest



HENN OJAVEER

TÜ Eesti Mereinstituudi vanemteadur

Selgub, et kuigi Läänemerd on seni peetud liigivaeseks keskkonnaks, elab siin pinnalihiku kohta võrreldes Euroopa teiste piirkondadega üle kahe korra rohkem liike. Läänemeres elab vähemalt 6065 liiki – seni puudus kokkuvõtlik hinnang Läänemeres elavatest liikidest.

Viimast aastakümnet käsitledes ei saa maailma mereteaduses mainimata jätta pikajalist (2000–2010) globaalset mereuurimisprogrammi «Census of Marine Life». Programmi põhieesmärgiks oli uurida ja kaardistada mereorganismide levik, liigiline mitmekesisus ja arvukus, eelkõige seni vähemuuritud piirkondades ja ekstreemsetes ökosüsteemides.

Programmi töö tulemusena on seni kirjeldatud üle 1200 seni tundmatu liigi, kuid hinnanguliselt ulatub programmi raames kogutud ning praegu määramisfaasis olevate liikide koguarv üle kuue tuhande.

Programmi tulemusena loodi digitaalarhiiv rohkem kui 30 miljoni sisendiga ning koostati Elu Entsüklopeedia, kuhu on praeguseks sisestatud üle 80 000 liigi kirjelduse. Lisaks hinnati 10 aasta jooksul toimunud uuringute käigus ümber teadaolevate meres elavate liikide arvu: seni arvatud 230 000 liigi asemel arvatakse meres elavat ca 250 000 liiki. Geneetiliste meetodite rakendamisel «maaliiti» 35 000 liigi uuringute baasil täiesti uus pilt mere bioloogilise mitmekesisuse geneetilisest struktuurist. Samas on teave mikroorganismide mitmekesisuse kohta seni väga piiratud, mõnede hinnangute alusel võib mikroaailma bioloogiline mitmekesisus ületada seni teatu mitme suurusjärgu võrra.

Programmi üheks oluliseks komponendiks on koostöö ajaloolastega, hindamaks ajalooliste arhiivimaterjalide alusel kalastiku ja kalanduse ajalugu möödunud sajanditel. Selle valdkonna uuringud toimusid 15 regioonis, muu hulgas ka Läänemeres. Ilmselt olulisima tulemusena tuleb märkida fakti, et globaalselt on mere toiduahela tipmistel lülide arvukus (muu hulgas erinevate röövtoiduliste kalade, haide, vaalade, kilpkonnade ja rannikumere lindude oma) langenud võrreldes ajaloolise baasväärtusega keskmiselt 90 protsenti.

Läänemerd uurinud töö raames analüüsiti muuhulgas Karl Ernst von Baeri personaalarhiivi Peterburis ning tõdeti, et 19. sajandil mõjutasid ilmastik ja kliima oluliselt kalasaakide suurust Eesti rannikumeres. Samuti leiti, et Liivi lahes nihkus räimepüük nn väikesel jääajal (17. sajandi lõpul) tänapäevases mõistes kesksuvisele ajale (juuni–juulikuusse), kusjuures tänapäeval arvukad sooja vett eelistavad ja mõõdukat eutrofeerumist taluvad rannikumere kalad, nagu ahvenlased ja karplased, puudusid tol ajal

püügist sootuks.

Veel selgus, et Läänemere tursavaru kõrghetk 1980. aastatel oli põhjustatud sellest, et ükski oluline mõjutegur (kalapüük, eutrofeerumine, kliima ja hüljeste kui tursa vaenlase arvukus) ei olnud sel ajal väga negatiivne. Huvitava faktina leiti, et tursk oli sajandeid tagasi palju arvukam kui praegu, eelkõige ilmselt seetõttu et kalapüügi intensiivsus oli oluliselt madalam (kuigi ka mere toitetus oli oluliselt väiksem ning tursa vaenlasi – hüljeid – oli ilmselt palju arvukamalt). Kuna möödunud sajanditel

oli inimõju loodusele võrreldamatult väiksem kui praegu, on need tööd määramatu tähtsusega kliima mõju uurimisel eluskeskkonnale.

Programmi viimase aja ühe olulise tulemina avaldati maailma regionaalmerede bioloogilise mitmekesisuse kokkuvõtlikud artiklid. Töö tulemusena selgub, et kuigi Läänemerd on seni peetud liigivaeseks keskkonnaks, elab siin pinnalihiku kohta võrreldes Euroopa teiste piirkondadega üle kahe korra rohkem liike. Analüüsi tulemusena selgub, et Läänemeres elab vähemalt 6065 liiki – seni puudus kokkuvõtlik hinnang Läänemeres elavatest liikidest. Läänemeri on Vahemere, Mehhiko lahe ja Hiina mere kõrval globaalselt inimese poolt üks kõige rohkem mõjutatud meresid.

Programmi «Census of Marine Life» peamine rahastaja oli Alfred P. Sloani Fond Ameerika Ühendriikides. Uurimisprogrammi raames teostati üle 540 ekspeditsiooni ning selles osales kokku üle 2700 teadlase kokku 83 maalt. Programmi kogueelarve oli üle seitsme miljardi Eesti krooni.

Programmi raames loodud globaalne andmebaas OBIS on alates 2010. aastast Rahvusvahelise Okeanograafiakomisjoni (International Oceanographic Commission, IOC) haldusalas, mis tagab teadusprogrammi lõppedes andmebaasi säilimise ja selle jätkusuutlikkuse.

Programmi raames loodud globaalne andmebaas OBIS on alates 2010. aastast Rahvusvahelise Okeanograafiakomisjoni (International Oceanographic Commission, IOC) haldusalas, mis tagab teadusprogrammi lõppedes andmebaasi säilimise ja selle jätkusuutlikkuse.

LOE LÄHEMALT

- Census of Marine Life: <http://www.coml.org/>
- Elu Entsüklopeedia: <http://www.eol.org/>
- Kalastiku ja kalanduse ajaloo uurimise projekt: <http://www.hmmapcoml.org/>
- Kokkuvõtted regionaalmerede elurikkusest ajakirjas PLoS: <http://www.ploscollections.org/static/poneCollections.action>



Hoovõtt müüride lõhkumiseks



TALIS BACHMANN

TÜ kognitiivse ja õiguspsühholoogia professor

Möödunud kümnend näib dekaadina, mis on analoogne sellele, mida teevad kestva surve tulutuses veendunud müüripurustajad: loobumata mõtestavad nad oma tegevuse ümber, saades nüüd paremini aru mõnede «võitlusviiside» ebaefektiivsusest ning võttes hoogu kumuleeritud löögiks vastu müüri.

Kujutagem ette, et epohhi loovad teadussaavutused on midagi müüri lõhkumise sarnast. Kui nii, siis möödunud aastatuhande üheksakümnendad tunduvad psühholoogiategaduse eesliinil omamoodi surveaastatena, kus optimism oli kõrge ja kohe-kohe usuti saabuvat rida suuri läbimurdeid, sest võidukäiku tegi kognitiivne neuroteadus kui psühholoogia uus suur tugi. Suruti jõudsalt vastu teadmatusemüüri sellistes küsimustes nagu teadvuse mehhanismid, nägemise, kuulmise jm tajude ajuprotsesside korrelaadid, leiti ridamisi huvitavaid fenomene tunnetuse üllatavast iseloomust (nt teadvusvälise teabetöötuse neurokorrelaatide ja objektide/sündmuste teadvustamise illusoorisuse vallas), jõuti veendumusele aju aktiivsuse kõrgsageduslike võnkumiste olulisusest teabetöötuses, selgitati fMRI, mikroelektroodtehnikate jm abil välja palju spetsialiseerunud mooduleid aju töös jne. Kujunes uus interdistsiplinaarne valdkond – teadvuseteadus.

Suurt läbimurret, kergendusohet sarnaselt DNA struktuuri avastamisele bioloogias, psühholoogiategaduses üheksakümnendatel ei juhtunud. Järgnev siiski «pohmelli» ei toonud. Möödunud kümnend näib dekaadina, mis on analoogne sellele, mida teevad kestva surve tulutuses veendunud müüripurustajad: loobumata mõtestavad nad oma tegevuse ümber, saades nüüd paremini aru mõnede «võitlusviiside» ebaefektiivsusest ning võttes hoogu kumuleeritud löögiks vastu müüri.

Mis iseloomustas seda «hoovõtukümnendit»? Alustan (A) kõigile silmatorkavamast ja lõpetan (B) üldsusele silmatorkamatuga.

A

1. Psühholoogiategaduse selge integreerumine neuroteadustega; eelduste kujunemine psühholoogia «pooldumisele» loodusteaduslikuks ja humanitaarseks ka institutsiooniliselt.

2. Mitmete vaieldavate seisukohtade vaikne omaksvõtt suure osa teadlaste poolt: näiteks et subjektiivselt vaba valiku tunnetamisele eelneb eelteaduslikult seda valikut õigesti ennustav ajuaktiivsus ja et põhimõtteliselt saab ajuaktiivsuse mustreid multivariatiiivse analüüsi abil töödeldes välja lugeda tajude, kavatsuste ja meenutuste sisu ning seda isegi visuaalselt teatud lähendustes esitada (sealjuures «valedektektori» tehnoloogia uus, ajuaktiivsuse registreerimist kasutav tase; vt ka Tarkade Klubi 2/2010 «mõtete lugemisest»). Uurimisandmetele tuginev veendumine selles, et aju suudab teadvusväliselt töödelda teavet häämastavalt diferentseeritult ja kõrgel kognitiivsel tasemel.

3. Loobumine valdavalt sotsioloogilisest inimpsühholoogia mudelist, näidates inimese paljude psühholoogiliste omaduste sõltuvust aju individuaalsest ehitusest ning geenipolümorfismidest. Ere näide: psühhopaadi aju erisused. Geenide mõju sealjuures avaldub tugevas interaktsioonis sotsiaalse ja füüsilise keskkonna mõjudega.



4. Ajuprotsesside ja psüühika/käitumise valdavalt korrelatiivsete fMRI, PET, MUA, LFP, EEG abil tehtud uuringute kõrval kausaalsete mõjude uurimise boom – trans-kraniaalse magnetstimulatsiooni (TMS) ning elektrostimulatsiooni meetodite ja nende MRI-põhise neuro-navigatsiooni kiirareng.

5. Ajupiirkondade funktsionaalse rolli eriti intensiivne uurimine – nt mandeltuuma eelteaduslikud reageeringud, dorsolateraalsete prefrontaalkorteksi roll sisekonfliktis ja otsustamisel, eesmise tsingulaarkorteksi roll ebasiiras kommunikatsioonis, tagumise tsingulaarkorteksi roll enesekohases psüühikas, mediaalse frontaalkorteksi roll emotsioonide ja instinktiivse käitumise ohjamisel jne.

6. Tendents tipptehnoloogiliste meetodite kooskasutamisele (nt fMRI, MUA, MEG, LFPi, EEG, TMSi erinevad kombinatsioonid) ja interdistsiplinaarsuse jätkuv kasv. Uute psühholo-



TARTU ÜLIKOOL



Teaduslik psühholoogia hakkab rohkem sarnanema arvutuslike füüsikale kui psühhoanalüüsile.

loogiasse integreeritud valdkondade teke ja kiirareng: afektiivne ja sotsiaalne neuroteadus, neuroturundus, neuroökonomika, «neuroõigus» jmt. Optikatehnoloogiad kasutatavate ajukuvameetodite areng.

7. Karakterijoonetele nägudepõhiselt antavate hinnangute uurimise esiletulek võimalike rakendustega poliitikas, kommunikatsioonitehnoloogias, turunduses.

8. Inimkäitumise ebaratsionaalsuse näitamine, uurimine ja seletamine – väljunditega majandusstrateegiatega, börsitoimingute, ostukäitumise, partnerivaliku aladel. Selle suuna üheks esimeseks märgiks oli Princetoni psühholoogia-professori Daniel Kahnemani pärjamine Nobeli mälestuspreemiaga majandusteaduses. (Vt ka Dijkstra huiusi jt töid.)

9. Sarnaselt teiste teadustega – kiirenev eelretsenseeritavate teaduspublikatsioonide ilmumine virtuaalses keskkonnas, sealjuures avaldamine *open access* tüüpi kiiretes üldkättesaadavates e-ajakirjades (kaasaandena küsitav nõue teadlastel endil sellise avaldamise eest maksta); üha üldisem mõjutegurite (ISI/Thomsoni *impact factor*, *h-index*, *Eigenfactor*) kasutamine ajakirjade, teadlaste ja teadusinstituutide hindamisel.

10. Juhtivana kinnistus paradigma, milles psüühikanähtuste uurimisel kombineeritakse psühholoogiaeksperimente ajukuvaga.

B

1. Teatavasti ei ole ometist võimalik mune taastada. Sarnast probleemi kohtame ka teaduses, kui mingi nähtuse toimimise väljendustest ja mõõtmistulemustest on võimatu või keeruline leida nende mõõtmistulemuste aluseks olevaid protsesse või struktuure endid. Inversiooniprobleem ilmneb, kui küsime, kuidas ja kus täpselt tekib EEG või MEG signaal. Selle signaali põhjal ei saa täpselt vastust. Läänud kümnendil tõusis esirinda ajuprotsesside registreerimis- ja mõõtmistulemuste täpsema interpreteerimise probleem. Täppisteadlaste ja neuroteadlaste koostöös intensiivistub selle probleemi ületamist taotlev modelleerimine.

2. Kui seni loodeti, et teadvusnähtuste tehnoloogiliselt mõõdetud signatuurides leiduvad lihtsad tunnused, mis lubavad anesthesioloogidel või ekspertidel usaldusväärset teadvust tuvastada (nt ERP, EEG või MEG komponendid või kindlate närvirakkude potentsiaalide muustrid), siis nüüd näib olevat selge, et nii lihtne see asi pole. Teoreetilises füüsikas, tuumatehnoloogias või tipp-inseneriteaduses on vaja keerulisi arvutusi, et leida tõendeid abstraktsetest entiteetidest või usaldusväärset hinnata tehisobjekti omadusi. Paljas silm ei aita. Sama on olukord teadvuse signatuuride leidmisel. Insener sil-la maketti vaadates otseselt ei näe koormus- ja vibratsioonitaluvust ning teeb selleks arvutused. Teadvuseuurijagi asub EEG, MEG, MUA, LFP jm mõõtmistulemuste alusel arvutama abstrakteid näitajaid, mille alusel teadvuseseisundeid ja -sisusid objektiivselt hinnata. Teaduslik psühholoogia hakkab rohkem sarnanema mikro- ja

makromaailma interaktsioone uurivale arvutuslikule füüsikale kui psühhoanalüüsile.

3. Eelmise paari dekaadi «lemmiklaps» psühholoogiamahukas neuroteaduses – neuronite aktiivsuse sünkroniseeritud võnkumised kui teadvuse ja tajutatavate objektide tunnuste sõlmimise alusmehhanism – on petnud ootusi. On hakatud intensiivselt uurima erinevate sagedusribade võnkumiste omavahelisi seoseid ja «haakumisi».

4. Bioelektriliste protsesside kui aju töö aluste uurimisel on seni keskendunud membraani- ja aktsioonipotentsiaalidele; nüüd on alanud ajusiseste «traditsiooniliste» protsesside ja elektriväljade vastastikmõjude uurimine. Teatavasti levib erutus närvirakkude vahel küll kiiresti, aga siiski «mõistliku» kiirusega – nt kuklasagarast otsmikusagarasse võtavad erutuslevi erinevad protsessid aega mõnekümnest kuni mõnesaja millisekundini. Kui toome mängu valguse kiirusel levivad elektrivälja mõjud, muutuvad nii teoreetiline pilt kui ka empiirilised ajuprotsesside mõõtmismeetodid.

5. Registreerivate meetodite ja aju tööd kunstlikult mõjutavate meetodite üheaegne rakendamine loob eeldused uutele tehnoloogiatele: neuro-nägemisproteesid pimedatele (nt kuulmiskeskuste mõjude «tõlge» nägemiskeskuste surrogaatsignaalideks), objektidega manipuleerimine mõtete ja kujutluste abil (nt kahjulikes või kättesaamatutes keskkondades töötamiseks, manipulaatorite kasutamiseks proteesidena, meelelahutus- ja kommunikatsioonitehnoloogia uutmiseks).

6. Tulevad ka uued mured: mõttevabaduse kui põhiseadusliku õiguse riivevõimalused ja vastava õigusliku regulatsiooni probleem (kognitiivsest privaatsusest. Seoses (neuro)geneetika arengutega süveneb isikuandmete kaitse ja võimalike kuritarvituste probleem ning seda panduna kaalukausile rahva tervise ja julgeoleku tagamisel kerkivate avaliku huvi nõuetega. Tuleb ka tehisintellekti evivate artefaktide ja nende omanike/loojate õiguste ja vastutuse probleem jne.

Loo alguses võrdlesin tungi teadmiste järele teadmatusemüüri lõhkumisega, mainides, et eelmine kümnend oli sammu tagasivõtmise aeg ühes mõtete edasiliikumisega uute ja edukamate ründemeetodite kasutamiseks. Seda, kas tuleb tulemuslikku kumuleeritud lööki krooniv hämmastav läbimurre või vaid uued muhud teadlaste kõrgeil laupadel, ma ei tea.

LOE LISAKS

Mõne alapunkti juures soovivat Talis Bachmann lähemalt tutvuda eri autorite teadustöödega:

- A2: Gallanti, Haynesi, Reesi, Maguire'i, Damasio, Meyeri, Naselarise, Kamitani, Thirioni, Langleberi, Davatzikose jt tööd
- A3: Kiehli, Plomini, Bouchardi, Zuckermanni jt tööd
- A7: Todorovi, Zebrowitzi, Bailensoni jt tööd
- B2: Tononi, Fries, Grainger jt tööd
- B6: Reiman & Bachmann, 2009, *Juridica* nr 2



2005

Evolutsiioon tabati tööhoos

Kogu kümnendit iseloomustanud genoomide järjestamise laine tõi uued võimalused ka evolutsiooni uurimisse. Ühtäkki osutus võimalikuks väga täpselt jälgida, mis eristab üht liiki teisest, millised geenid on muutunud ja kuidas see kõik toimus.

Aasta üheks suursündmuseks oli kahtlemata meie lähima sugulase šimpansi genoomijärjestuse avaldamine. Inimese ja šimpansi vahetus võrdluses pidi selguma, mis on see, mis teeb meist inimese – millised on unikaalsed inimese geenid ja mida nad teevad. Esimesed sellealased tööd tõid välja näiteks rea geene, mis avalduvad inimese ajus.

Lisaks kaardistas projekt nimega HapMap üle miljoni koha inimese genoomis, mis erinevad indiviidide vahel üheainsa tähe poolest, nn snipid ehk SNPd. Needki on väärtuslikud geenide funktsioonide ja arengu uurimisel, eelkõige aga haiguste geneetilise tausta selgitamisel. Ka siin osutub võrdlus šimpansiga väärtuslikuks: mitmed inimesi piinavad hä-

dad ei tee šimpansile midagi ja geenivõrdlus võib selle kohta üht-teist väärtuslikku paljastada.

Bioloogidel õnnestus sel aastal koguda andmeid mit-

Inimese ja šimpansi võrdluses pidi selguma, mis on see, mis teeb meist inimese – millised on unikaalsed geenid.

mete liikide kohta, mis olid kaheks eri liigiks ja-gunemas, ja osutus, et üksikute tunnuste lahknemine viis kiire liigistumiseni.

Teised bioloogid uurisid, kuidas üksikute liikide

kohanemised peegelduvad nende geenides.

Muu hulgas kinnitasid neist analüüsides saadud tulemused taas mittekodeeriva DNA suurt tähtsust. Kõige ilmekama tulemuse andis aga üks äädikakärbestel tehtud töö. On liik kärbeid, keda iseloomustab tume täpp, ilmselt vastasoo meelitamiseks. Selle täpi geen on kindlaks tehtud. Ühel teisel kärbseliigil on sama geen olemas, kuid täppi ei ilmu. Kuid kui teadlased võtsid geeni ümbrusest mittekodeeriva, reguleeriva piirkonna ja viisid selle teise liiki, ilmus ka tolele nüüd täpp.

See oli ka aasta, mil maailm elas linnugripi hirmus. Seegi andis võimaluse uurida evolutsiooni, sest molekulaarbioloogidel õnnestus Alaska igikeltsa maetud kehast eraldada 1918. aastal kümneid miljoneid ohvreid nõudnud pandeemilise gripi viirus ning uurida, kuidas on haigus vahepeal muutunud.



TEISED SAAVUTUSED

Päikesesüsteemi avastamine

Aasta tippthek ilmaruumi avastamise vallas oli Euroopa sondi Huygens'i maandumine Saturni kuul Titan. Saadetud andmed ja pildid paljastasid meie silmale metaanivihmade ja -järvedega, mägede ja orgudega maailma, mis meenutab mõnes mõttes Maad. Teistest sündmustest vääriavad märkimist Voyager 1 jõudmine Päikesesüsteemi

servale, Deep Impact'i põrgatus vastu komeeti ja kolme planeedi poole startinud sondid.

Õitsemise saladus

Kuidas teavad lilled kevadel õigel ajal õitsemata hakata? Teadlased näitasid, et selle taga on signaal geenilt nimega FT, mis tunneb ära, kui päevad on piisa-

valt pikad, ja läkitab teele signaali, mis käivitab õitsemise.

Neutrontähtede sähvatused

Mitu nädalat murdsid teadlased pead, mis oli ühe satelliitide poolt registreeritud ülilühikese, kuid ülivõimsa kiirguspuhangu allikas. Tõenäoliselt oli selleks tugeva magnetväljaga noore

ebastabiilse neutrontähe, magnetari värin. Lähemalt uuriti ka lühikesi gammasähvatusi, nende võimalike allikate ring kitsenes kahe neutrontähe või neutrontähe ja musta augu ühinemisele.

Juhtmed valesti

Vaimuhaiguste, nagu skisofreeniaga seotud geenide nimistu aina pikeneb, kuid täpne haiguse tekke mehhanism on enamasti selgusetuks jäänud. Sel aastal





näitasid mitmed uuringud, kuidas mutatsioonid neis geenides häirivad aju õiget arengut, mis võib hiljem avalduda haigustena.

Maa tekkimise vaidlus

Puhkes uus vaidlus Maa tekkeloo üle, kui avastati, et Maa sisemusest pärit kivimites ja Päikesesüsteemi algusajast pärit meteoriidides on erinev keemilise elemendi neodüümi isotoopkoostis.

Pilt kanalitest

Valmis senisest kõige teravam pilt raku ionkanalitest. Kaaliumiioonide voogu kontrolliv kanal mängib olulist rolli näiteks närvide ja lihaste töös.

Kliimateema kuumeneb

Kuhjivate teadustöendite varal hakkasid poliitikud sel aastal aina enam rääkima vajadusest tegutseda kasvuhoonegaaside

õhkupaikamise vastu. Mitmed USA osariigid teatasid meetmetest kasvuhoonegaaside emissioonide vähendamiseks.

Süsteemibioloogia saabumine

Valmisid esimesed olulisemad uuringud, mis püüdsid jälgida ja mudeldada keerukaid bioloogilisi võrgustikke. Näiteks vaadeldi programmeeritud rakusurmani viivat tuhandete

signaalide võrgustikku ja ülekaalu põhjustavate kümnete geenide koosmõju.

Termotuumareaktoris lepiti kokku

Osalevad riigid leppisid kokku tulevase rahvusvahelise katselise termotuumareaktori (ITERi) asukohas – seda on nüüdseks asunud rajama Prantsusmaale Cadarache'i ja see peaks valmi algava kümnendi lõpuks.

Uus viis geenide reguleerimiseks



TANEL TENSON

TÜ Tehnoloogiainstituudi antimikroobsete ainete tehnoloogia professor

Näiteks imetajarakus on muude meetoditega väga keeruline geeniekspressiooni alla reguleerida, et seetõttu toimuvaid muutusi rakus jälgida. Sel põhjusel on RNA interferentsi rakendamine geenide funktsioonide uurimisel lausa revolutsiooni esile kutsunud.

Viimase 10–15 aasta jooksul on avastatud põhimõtteliselt uus süsteem geenide reguleerimiseks. RNA interferentsi kasutamine ravimina on viimastel aastatel vahetevahel isegi suuremate päevalehtede veergudele jõudnud, sel alal on välja antud Nobeli preemia (Andrew Fire ja Craig Mello said RNA interferentsi avastamise eest preemia 2006. aastal). Mis on RNA interferents, lühendatult RNAi, ja millist sügavamat kontseptuaalset muutust bioloogias see nähtus väljendab, sellest siinkohal lähemalt.

Alustuseks teeme lühikese ekskursiooni geneetika põhitõdede valda. Geneetiline informatsioon on säilitatud DNAs. Täpsemini DNA koostisosade, nukleotiidide järjestuses. Nukleotiidid on nagu tähed raamatu tekstis. Selleks, et DNA informatsiooni kasutada saaks, kopeeritakse see RNA kujule. Ja selle RNA koopia nukleotiidne järjestus määrab omakorda aminohapete järjestuse valkudes. Sisuliselt tõlgitakse üks tekst teiseks, nukleotiidide tekst aminohapete tekstiks.

Valgud, koosnedes aminohapetest, on elusorganismi põhilised funktsionaalsed molekulid, moodustades rakkude struktuurset osi ja viies läbi ainete biokeemilisi muundamisi. Ühe valgusünteesimise eest vastutavat DNA lõiku nimetatakse geeniks. Inimesel on umbes 30 000 geeni. Samas on meil ka aju ja nahk, silm, magu, neer ja teised koed ning organid, mis koosnevad erinevat tüüpi rakkudest. Kõigi nende erinevate rakutüüpide moodustumise määravad ära meie geenid. Kõik geenid ei ole pidevalt aktiivsed, nende põhjal ei toodeta valku, öeldakse, et geenid ei avaldu.

Mõned geenid, mis rakkude põhifunktsioone tagavad, on muidugi kõigis rakkudes avaldunud, kuid paljud geenid avalduvad rakutüübispetsiifiliselt, määrates ära näiteks selle, et maohapet toodetakse ainult maos ja lõhna tundvad retseptorid asuvad ninas. Geenide avaldumist mõjutab ka keskkond, näiteks see, mida me sööme, määrab ära, milliseid organismi komponente on vaja juurde sünteesida ja mida saab toidust võtta. Kokkuvõtteks on täiesti selge, et geenide avaldumist on vaja reguleerida. Selle regulatsiooni põhitõed selgitati välja 1960. aastatel.

Laialdaselt omaks võetud arvamuse kohaselt seisneb geeniekspressiooni regulatsioon selles, et valgud seonduvad DNA või RNA spetsiifilisele nukleotiidsele järjestusele ja seeläbi kas tõstavad geenide avaldumise taset või suruvad seda alla. Viimase 10–15 aasta jooksul on aga avastatud põhimõtteliselt uus regulatsioonisüsteem. Nimelt võivad valkude asemel valku kodeeriva RNA tunda ära väikesed regulatoorsed RNAd ja seeläbi geeni avaldumist maha suruda. Selline äratundmine on nukleotiidse järjestuse spetsiifiline, regulatoorne RNA kasutab oma märklaud-RNA äratundmisel samu reegleid, mida kasutatakse geneetilise informatsiooni kopeerimisel DNAsst RNAsse.

Selliste regulatoorsete RNAd hulka kuuluvadki geenide avaldumise mahasurumist

põhjustavad siRNAd (*small interference RNA*). Antud juhul nimetatakse geeni avaldumise alla-surumist RNA interferentsiks. RNA interferentsi abil reguleeritakse meie enda geenide avaldumise taset, samuti surutakse alla viiruste poolt kohale toodud geene ja seega viiruste paljunemist. siRNAd on 20 kuni 25 nukleotiidi pikkused, seega võrrelduna valke kodeerivate RNAd mitme tuhande nukleotiidi ulatuva suurusega on nad väikesed.

siRNAd koosnevad kahest RNA nukleotiidiahelast, mille üks ahel on võimeline järjestusespetsiifiliselt märklaud-RNAd ära tundma, seejärel näiteks RNA lagundamist põhjustama ja seeläbi geeni avaldumist maha suruma.

Kuna siRNA efektid on tugevalt geeni järjestuse spetsiifilised, siis on sellisel viisil võimalik esile kutsuda soovitud märklaudgeenide vaigistamist. See efekt on leidnud laialdast praktilist kasutamist geenide funktsioonide uurimisel. Näiteks imetajarakus on muude meetoditega väga keeruline geeniekspressiooni alla reguleerida, et seetõttu toimuvaid muutusi rakus jälgida. Sel põhjusel on RNA interferentsi rakendamine geenide funktsioonide uurimisel lausa revolutsiooni esile kutsunud.

Ka paljude haiguste põhjuseks võib olla mõne geeni liiga tugev avaldumine. Siit ka võimalus kasutada RNA interferentsi ravi otstarbel. Praegusel ajal on kõige kaugemale jõudnud katsetused siRNAd sisaldavate ravimitega, mis takistavad viiruste (näiteks HIV) paljunemist, suruvad alla neurodegeneratiivseid protsesse käivitavaid geene või geene, mis on olulised kasvajate tekkes.

Aga siRNAd ei ole ükski. Nendega umbes samal ajal on avastatud veel teisi väikeste regulatoorsete RNAd klasse. Mikro-RNAd (miRNAd) on 20–25 nukleotiidi pikkused RNAd, mis osalevad «normaalsel» geenide avaldumise regulatsioonis. Mikro-RNAd seonduvad järjestusespetsiifiliselt märklaud-RNA lõpuossa ja seetõttu põhjustavad valkude tootmise langust ning RNA lagundamist. Inimese genoomis on kodeeritud üle tuhande erineva mikro-RNA. Tavaliselt reguleerib üks mikro-RNA mitmeid, mõnikord isegi sadu geene. Samuti on paljud geenid omakorda mitme erineva mikro-RNA poolt reguleeritud.

Sellise kombinatoorika tulemusena tekib olukord, kus hinnanguliselt vähemalt 60 protsenti inimese geenidest on mikro-RNAd poolt reguleeritud. Mikro-RNAdega on seonduvad väikesed RNAd, mis seonduvad Piwi nimelise valguga, piRNAd. Need 24 kuni 31 nukleotiidi pikad väikesed RNAd suruvad alla genoomi ümberkorraldusi. piRNAd roll on väga oluline sugurakkude valmimisel, eriti spermatogeneesis. piRNAd on võib-olla kõige suurem väikeste RNAd klass, hinnanguliselt võib ühes imetajarakus olla umbes 100 000 erinevat piRNAd.

Viimastel aastatel on uute, potentsiaalselt regulatoorsete RNAd otsimine ja leidmine aktiivselt jätkunud. Enamasti ei ole veel kirjeldatud selliste uusavastuste täpset funktsiooni. Aga see uurimisala liigub kiiresti edasi ja kindlasti ootavad ees veel mitmed põnevad avastused.



Pilk mikromaailma



JAAK JÄRV

Tartu Ülikooli orgaanilise keemia professor, akadeemik

Seega tähistab möödunud aastakümne kvalitatiivset hüpet molekulide struktuuri uurimisel ja veelgi olulisemalt arengut nende struktuuride esitamisel piltide või animatsioonidena. See kõik kokku ongi visualiseerimine, mis koos uute andmete saamiseks kasutatavate meetodite täiustamisega on muutmas tunnetuspiire.

Selle sajandi esimene aastakümne on põhjalikult muutmas nende loodusteadlaste mõtteviisi, kes uurivad suuremaid või väiksemaid molekule. Toon esile kaks momenti.

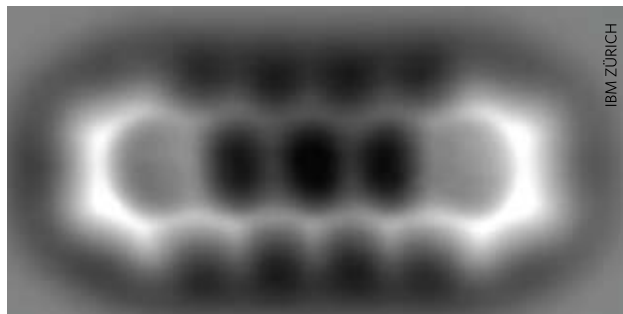
Esimene revolutsiooniline samm puudutab molekulide struktuuri määramist. Nimelt õnnestus aastal 2009 vahetult «vaadelda» orgaanilise aine üksikut molekuli. Selleks kasutati mittekontaktse aatomjõumikroskoopia meetodit (*non-contact atomic force microscopy*, NC-AMF). Nähtavaks muudetud molekul oli tasapinnalise struktuuriga süsivesinik pentatseen, mis koosneb viiest üksteise kõrval asuvast (kondenseerunud) benseeni tuumast (vt pilti). Loomulikult on selle molekuli ehitus ammu teada ja mainitud katse kinnitas veelkordselt meile tuntud orgaaniliste ühendite struktuuriteooria põhimõtteid. Samas aga demonstreeris see katse aatomjõumikroskoopia võimalusi ning lubas esmakordselt üksikut molekuli vahetult «vaadata».

Sellel aastal sai see uuring oodatud järje. Sama meetoodika abil määrati loodusliku alkaloidi kefalandool A struktuur. Selles molekulis on peale süsiniku ja vesiniku aatomite veel lämmastiku ja hapniku aatomeid ning molekul ei ole tasapinnaline. Teatud raskuste tõttu ei õnnestunud selle loodusliku aine ruumilist ehitust üheselt määrata tuumaresonantspektroskoopiat kasutades. Seda oli võimalik teha aga aatomjõumikroskoopia abil, mis oli tõesti sensatsiooniline saavutus.

Selliste tulemusteni viis aatomjõumikroskoopia arendamine alates selle tehnika esmakordselt kirjeldamisest aastal 1986. Toimunud on pidev meetodi täiustamine ning eriti on tähelepanu all olnud selle seadme tööorganiks oleva terava otsiku täiustamine. See otsik «kompab» uuritavat objekti ning seade fikseerib selle otsikule mõjuvaid jõude. Molekuli «kompamiseks» peab tipp olema imeterav ja ideaalis koosnema ühest aatomist. Nii on senistes töödes kasutatud tippu, mille moodustab üks süsinikmonooksüidi molekul. Teada on ka vesiniku ja deuteeriumi molekulide kasutamisest sellise teraviku otsana, mis veelgi suurendab meetodi lahutusvõimet. Kokkuvõtteks tahan rõhutada, et teadlastel kulub ligi sada aastat kristalli kogutud molekulide kogumi struktuuri määramisest üksiku molekuli struktuuri «vaatamiseni».

Loomulikult vaadatakse molekuli struktuuri arvuti poolt joonistatud pildil. Siit jätkates tahan teise murdelise kohana mainida mikromaailma visualiseerimist arvutis ja seda selle mõiste kõige üldisemas tähenduses. See on molekulaarteadustes järjest moodsamaks muutuv tegevus ja minu arvamus mööda teine revolutsiooniline samm molekulide maailma kirjeldamisel.

Visualiseerimise aluseks on molekulide struktuur ehk molekulis olevate aatomite koordinaadid, mida saab määrata eksperimentaalselt. Kui



IBM ZÜRICH

lihtsamate kristalliliste ainete struktuuri hakati röntgenkiirguse abil uurima juba eelmise sajandi alguses, siis esimeste biomolekulide kristallstruktuuri määramiseni jõuti alles selle sajandi viiekümnendatel aastatel. Teetähiseks on valk müoglobiini struktuuri määramine. Nende uuringute eest anti Inglise teadlastele Max Perutzile ja Sir John Cowdery Kendrew'le 1962. aastal Nobeli keemiapreemia.

Peale röntgenkiirguse kasutatakse tänapäeval biomolekulide struktuuri uuringutel veel neutronkiirgust ning elektronmikroskoopia meetodeid, mis tõsi küll kirjeldavad ainult kristalli kängitsetud molekule, kuid annavad siiski päris hea ülevaate nende ruumilisest ehitusest. Lahuses oleva molekuli struktuuri saab määrata tuumamagnetresonantspektroskoopia abil, aga see on praegu veel suhteliselt kallis ja vähem levinud meetoodika. Kokkuvõtlikult nimetatakse seda uurimisvaldkonda struktuuribioloogiaks ning nende uuringute trendikust iseloomustab hästi 2009. aasta Nobeli keemiapreemia määramine ribosoomi struktuuri uuringute eest Venkatraman Ramakrishnanile, Thomas A. Steitzile ja Ada E. Yonathile.

Seega tähistab möödunud aastakümne kvalitatiivset hüpet molekulide struktuuri uurimisel ja veelgi olulisemalt arengut nende struktuuride esitamisel piltide või animatsioonidena. See kõik kokku ongi visualiseerimine, mis koos uute andmete saamiseks kasutatavate meetodite täiustamisega on muutmas tunnetuspiire ja edaspidi ilmselt veelgi tugevamalt mõjutab meie arusaamist mikromaailma sellest osast, mida täidavad molekulid.

Samas on märgata ka seda, et molekulaarteadustes jäävad üha enam tahaplaanile abstraktsed, mõttepingutust nõudvad konstruktsioonid ning teooriate arendused. Sellega koos kipub mõnikord põhjuslike seoste otsingu asemele astuma lihtne «vaatamine» ja sellel põhinev detailide loendamine ja klassifitseerimine, mis kenade piltide taustal on äravahetatav tegevaliku teadusliku uuringuga. Seda aga loodetavasti kuni järgmiste läbimurreteni molekulide maailma tunnetamisel.

LOE LISAKS:

- Nanotehnoloogia nipidest mikromaailma uurimisel saab lugeda ajakirja Physical Review Letters käesoleva aasta augustinumbrist: <http://prl.aps.org/pdf/PRL/v105/i8/e086103>.

Tumeda energia abil naabritele külla



LAURITS LEEDJÄRV

Tartu Observatooriumi vanemteadur, astrofüüsika osakonna juhataja

Võib-olla on toimumas midagi veidi sarnast sellega, kui 20. sajandi esimesel veerandil tekkisid relatiivsusteooria ja kvantfüüsika, mis mõlemad kujundasid täiesti uue arusaama universumist, selle sünnist Suure Pauguga ja jätkuvast paisumisest.

Kuulus Taani füüsik, Nobeli preemia laureaat Niels Bohr, on väljendunud umbes nii, et ennustamine on alati keeruline, eriti kui see puudutab tulevikku. Teda parafraseerides võib öelda, et ega mineviku ennustaminegi kerge ole. Kui püüda 21. sajandi esimese aastakümne teadussaavutustest välja sõeluda kõige olulisem(ad) ja tähelepanuväärsem(ad), siis on ju tegemist tuleviku ennustamisega mineviku abil.

Tuleks ka täpsustada, millisest seisukohast olulisust hinnata – kas lähtuda pragmaatilisest aspektist, sellest, milline avastus või teadmine võiks tulevikus meie igapäevast elu-olu tugevalt mõjutada, või püüda leida seda, mis muudab märkimisväärselt meie maailmapilti, annab uusi teadmisi, mille rakendamine ei pruugi kohe käeulatuses olla? Ühe teadusharu esindajana ei tahaks võtta riski pakkuda välja see kõige-kõige ... Pigem mõtiskleksin oma eriala – astronoomia – piires. Samas, see on ju teadus kogu universumist – võib-olla leiabki siit ka selle kõige tähtsama teadussaavutuse?

Uue aastatuhande algus on oluliselt süvendanud meie teadmisi universumist, seda kahel tasandil ehk kahes mõneti vastandlikus suunas. Üheks tasandiks on universum kui tervik ning arusaam, et selles domineerib tume energia, mis Universumi igavest paisumist kiirendab. Teine tasand läheb sügavuti, tuues maaväliste planeetide massilise avastamise kaudu meid lähemale küsimusele elu võimalikkusest kosmoses.

Universumi paisumise avastamine 1920.–1930. aastatel muutis maailmapilti oluliselt. Aastatuhande vahetusel hakkas selguma, et see paisumine ei asendu kokkutõmbumisega nagu vahepeal populaarsetes tsüklilise universumi mudelites, vaid kestab igavesti ja koguni kiireneb. Süüdlaseks on seejuures salapärase tume energia, Einsteini kuulsal lambda-liikme kehasus, mis oma negatiivse rõhuga toimib gravitatsioonile vastupidiselt. Praeguses kosmoloogilises standardmudelil moodustab universumi energiatihedusest umbes 70 protsenti tume energia, 25 protsenti tumeaine ning vaevalt viis protsenti jääb meile tuntud tavapärase aine, millest omakorda suurem osa esineb hõreda gaasina ning vaid väike osa moodustab tähed, planeedid jm taevakehad.

Tumeaine – mille avastamises rohkem kui 35 aastat tagasi mängisid tähtsat rolli akadeemik Jaan Einasto ja tema meeskond – olemuse selgitamiseks tehakse juba eksperimente, hakkab kujunema arusaam, et kõige tõenäolisemalt on tegemist mingite senitundmatute osakestega. Tumedast energiast pole niigi palju teada; lootus teda avastada või katsetele allutada on selles imetillukeses mastaabis, milleni meie siin Maal küünime, üsna tühine.

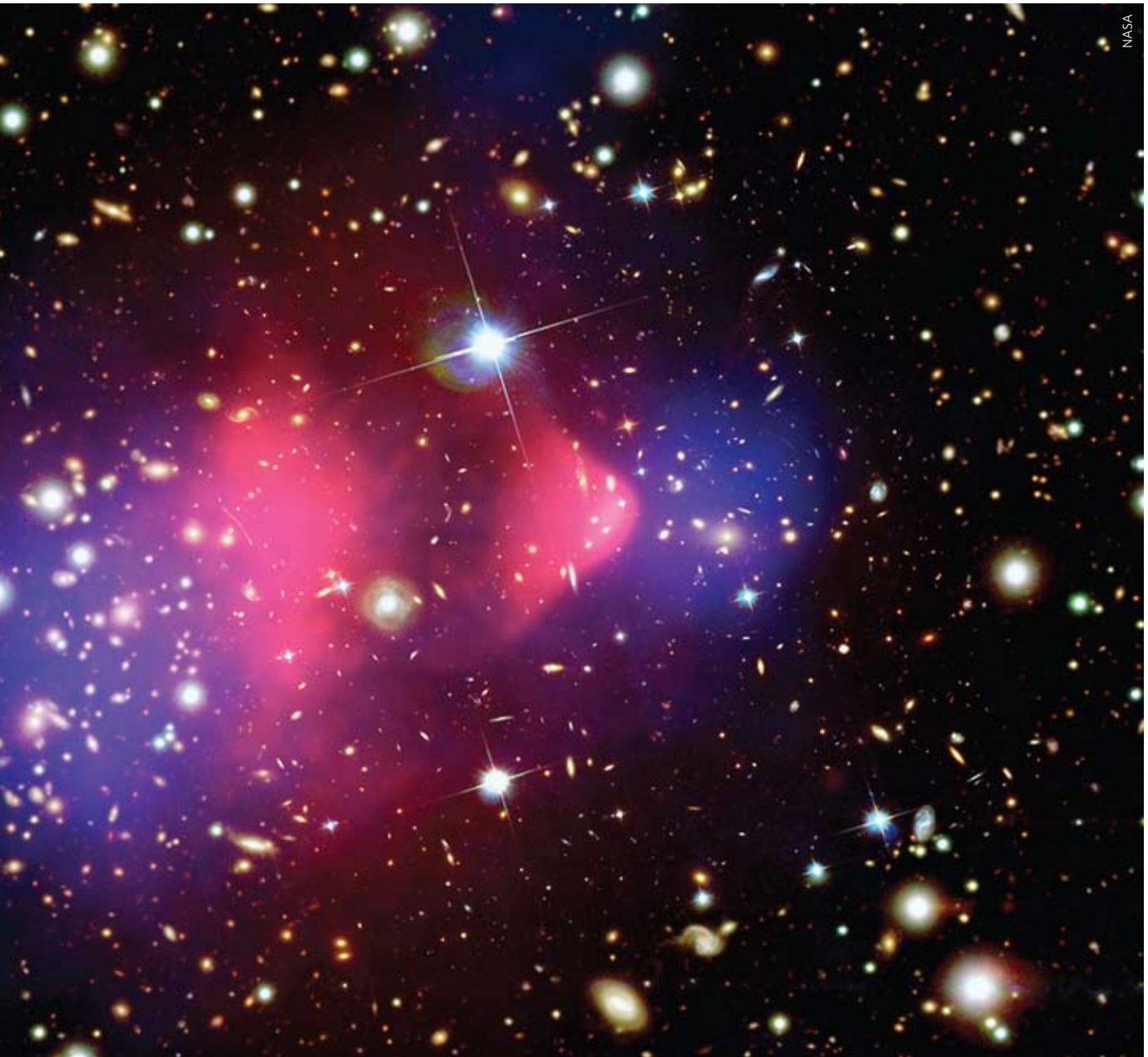
Kas siis tulebki leppida teadmise (või hoopis teadmatusega?), et suurem osa universumist on mingi müstiline tume energia ja tumeaine ning kõik see, mida näeme, on vaid väike pinnavirvendus? Praegune astronoomiline maailma-



pilt on tõepoolest selline, aga võib-olla see polegi nii sügav teadmatuse. See on küll subjektiivne arvamus, aga võib juhtuda, et just 21. sajandi esimene aastakümne on pannud aluse uuele revolutsioonile füüsikas ja astronoomias.

Võib-olla on toimumas midagi veidi sarnast sellele, kui 20. sajandi esimesel veerandil tekkisid relatiivsusteooria ja kvantfüüsika, mis mõlemad kujundasid täiesti uue arusaama universumist, selle sünnist Suure Pauguga ja jätkuvast paisumisest. Võib-olla on meie praegustes arusaamades midagi olulist valetsi või puudu ja mõnekümne aasta pärast oskame universumi tumedat poolt hoopis paremini mõista.

Veel üks nihe meie teadmistes, mis võib tulevikus osutada väga oluliseks ka universumi kui terviku seisukohalt, algas 1995. aastal, kui




NASA

Võib-olla tuleb aeg, mil liigume tumedat energiat kasutades külla naabritele planeedil CoRoT-7b.

Michel Mayor ja Didier Queloz avastasid esimese planeedi väljaspool meie Päikesesüsteemi. 15 aasta jooksul on nn eksoplaneetide arv jõudsalt kasvanud ning selle loo ilmutamise ajaks tõenäoliselt ületanud 500 piiri. Peaaegu kõik nad näivad – vähemalt inimese vaatevinklist – eluks kõlbmatud. Alles 2010. aastal avastati esimene, mis on oma ematähdest sobival kaugusel selleks, et seal võiks leiduda vedelat vett. Kus vett, seal elu? Vähemalt praegustes ettekujutustes on vesi eluks hädavajalik.

Meil ei ole veel täit selgust eksoplaneetide esinemissageduse ja -kohtade suhtes. Ka sellele teemale on viimased kümme aastat pannud aluse, millelt tõelised avastused alles hakkavad tulema. Isegi kui võtta praegusest statistikast tulenev (ilmselt vale) eeldus, et iga 500 planeedi

kohta leidub üks eluks sobiv, võime juba ainuüksi oma koduses Linnutee galaktikas arvestada tuhandete või miljonite naaberkogukondadega. Kui nende hulgas on ka tsivilisatsioon, kes on meist veidi vanemad ja targemad (tuletagem meelde, kui palju on inimkonna teadmised kasvanud viimase tuhande, saja või isegi kümne aasta jooksul), siis ...

Võib-olla tuleb aeg, mil liigume tumedat energiat kasutades külla naabritele planeedil CoRoT-7b, tehes vahepeatus vanade sõprade juures planeedil GJ 214b. Kui see ka liigseks fantaseerimiseks osutub, usun siiski, et nii tumeda energia kui eksoplaneetide avastamine viimasel kümnendil on pannud aluse uuele, täiuslikumale ja põnevamale arusaamisele meie hiiglaslikust universumist ja meie endi kohast selles. 

Geniaalse matemaatiku mõistatus

Sada aastat varem formuleeritud matemaatikaprobleemi lahendamine oli ühtaegu nii kümnenäi suurim matemaatikasündmus kui ka -skandaal.

1904. aastal püstitas topoloogia rajaja, Prantsuse matemaatik Henri Poincaré küsimuse, mille kallal murdsid pead paljud tuntud matemaatikud, kuid mille lahendust ei paistnud sellest hoolimata kusagilt. Kuni 2002. aastal postitas Vene matemaatik Grigori Perelman (pildil) internetti kolmeleheküljelise tõestuse, mis tekitas furoori. Kuigi detailse tõestuse saamiseni kulus veel neli aastat (mistõttu see kuulubki 2006. aasta läbimurrete alla) ja sadu lehekülgi arvutusi, oli paljudele juba esimesest pilgust selge, et Perelman on tabanud naela-pead.

Poincaré küsimus oli lihtne: kuidas on võimalik kolmemõõtmelise keha sees olles teha kindlaks selle kerakujulisust? Meie kujutuspildis olev kera (näiteks apelsin või gloo-

bus) on kahemõõtmeline kera kolmemõõtmelises ruumis, Poincaré küsimus käis aga kolmemõõtmelise kera kohta neljamõõtmelises ruumis.

Ja kera all tuleb silmas pidada vormi, milles ei ole auke. Näiteks jänesekujuline vorm on selle matemaatika mõistes kera, kuna teda ei läbi ükski auk ja teda on võimalik venitada ja vormides teha kerakujuliseks. Aga mis tahes auguga keha, näiteks kohvitassi, ei saa keraks teha.

Perelman võttis probleemi lahendamiseks kasutusele uusi võtteid, millega omakorda juhtis matemaatika uuele rajale.

Kuid edasine jääb paljude jaoks müstikaks. Samal, 2006. aastal, omistati Perelmanile kõrgeim matemaatikaauas, Fielsi medal. Kuid selleks ajaks oli ta matemaatikast täiesti tagasi tõmbunud ja inimestega suhtlemisest loobunud, viidates ebamääraselt kolleegide ebapiisavale eetilisele. Ta lükkas medali tagasi, samuti probleemi lahendamise eest määratud miljon dollarit.



TEISED SAAVUTUSED

Algab muistse DNA järjestamine

Teadlased järjestasid esimesed lõigud neandertallase genoomist, pakkudes nii täiesti uusi andmeid inimese arengu kohta. Muu hulgas leiadis kinnitust see, et neandertallased lahkesid tänapäeva inimesest 450 000 aasta eest. Uurimistöö eesrinnas oli Eesti soost geneetik Svante Pääbo.

Suured jääkilbid kahanevad

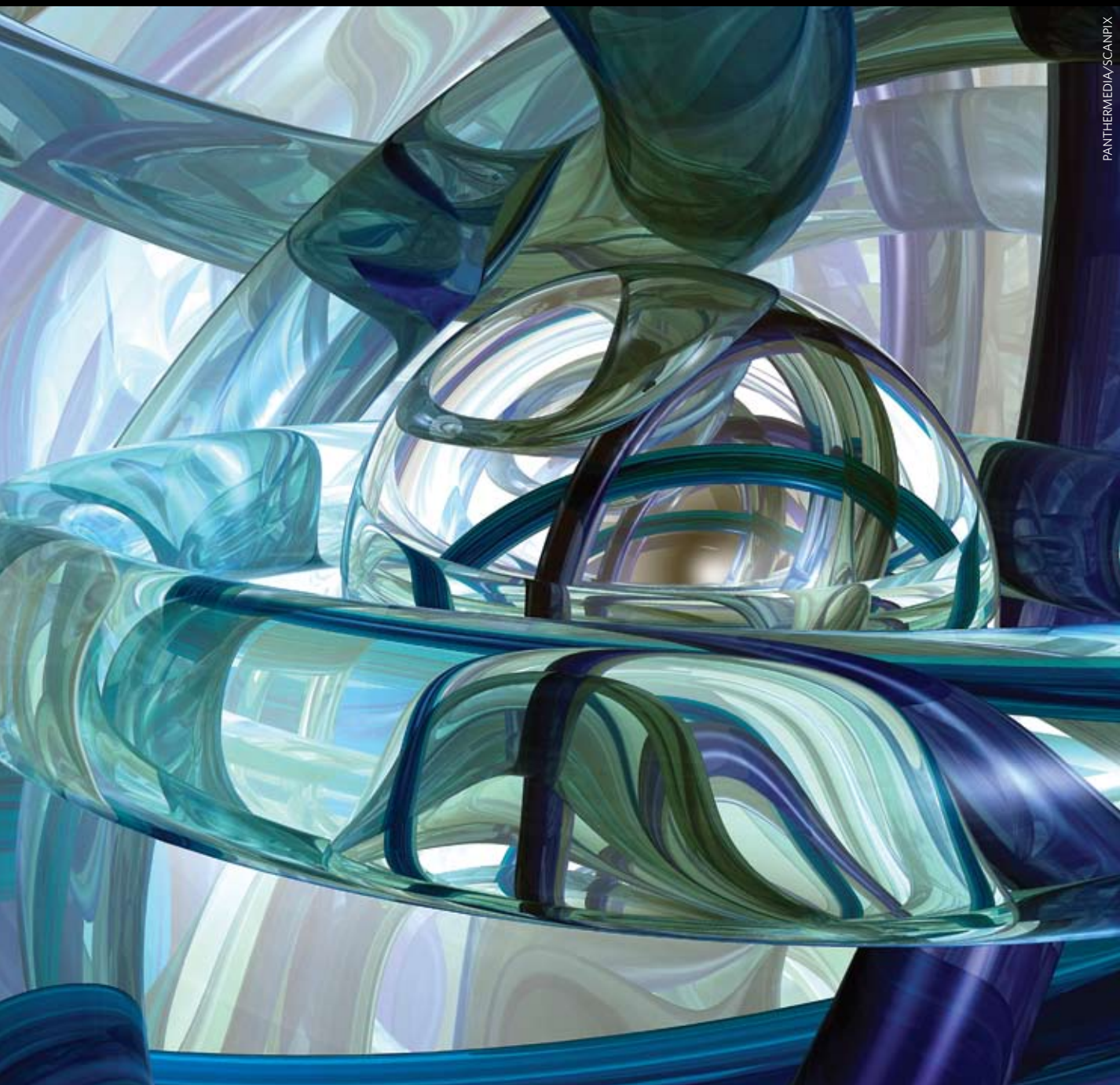
Õhust ja orbiidilt laserite ning radaritega tehtud mõõtmised kinnitasid, et Gröönimaa ja Antarktika suured jääkilbid lagunevad järjest kiirenevas tempos, poetades ookeani aina enam jäämägesid. Teadlased murravad pead, miks jäämassiivid kliima soojenemisele nõnda tundlikud on.

Kala astus maale

Kanadast avastatud fossiil täitis lünga kalade ja maismaa asustanud esimeste neljajalgsete vahel. Tiktaalik'u nime saanud kala uimed olid muundumas sellisteks, millele toetudes sai maal kõndida, näiteks olid neis olemas rannet ja küünarnukki meenutavad luuühendused, samuti sai ta oma pead pöörata.

Nähtamatuse esimesed sammud

Metamaterjale kasutades valmis esimene seade, mis suutis objekti teatud lainepikkusel leviva kiirguse jaoks «nähtamatuks» muuta. Esialgu küll vaid kahemõõtmeliselt ja mikrolaine-kiirgusele, kuid järgmised aastad on järjest lähemale nihutanud ka võimalust midagi inimsilma eest peita.



Lootuskiir silmale

USA ravimiamet kiitis heaks kollatähni kärbumise vastase ravimi nimega ranibizumab, mis on esimene tõhus ravi selle levinud silmahaiguse vastu. Ühtlasi tehti kindlaks geenid, mis suurendavad inimese riski sellesse haigestuda. Viimase avastuse juures oli ka USAs töötav Eesti arstiteadlane Rando Allikmets.

Elurikkuse lätete juures

Rida uuringud näitas sel aastal, kuidas üksikute geenide muutused on kaasa toonud liikide lahkumise, andes ühele rühmale eelise uues keskkonnas kohanemiseks.

Aina pisem pilt

Uued mikroskoopiavõtted aitasid üle saada optiliste mik-

roskoopide senisest piirangust, mille kohaselt ei saa vaadeldav objekt olla väiksem kui pool valguse lainepikkusest ehk umbes 200 nanomeetrit. Sel moel õnnestus teha teravaid pilte näiteks valkudest.

Tugevam mäluside

Uuringud andsid tuge ammu- sele kahtlusele, et aju salvestab mälestusi närvirakkudevaheliste

ühenduste tugevnemise teel.

RNA-täiendus

RNA-maailmast leiti veel üks kodanik, piRNA. Piwi nime kandvate geenidega suhestuvad molekulid on eriti levinud mu- nandites ning teadlased usuvad, et need reguleerivad seemne- rakkude teket. Samuti osalevad nad geenide vaigistamises, eriti hüppavate geenide puhul.

Hiidlained: meremeeste müütidest tän



TARMO SOOMERE

TTÜ Küberneetika Instituudi juhtivteadur, akadeemik

Tegelikult esineb ootamatult sageli laineid, mis ületavad olulise lainekõrguse kuni neli korda. Sellised hiidlained on enamasti sama pikad kui nende naabrid ning seega ohtlikult järsud. Üldiselt on nad lühiealised, tekivad nii-öelda eikuski ning kaovad sama kiiresti.

Meremehed on sajandeid oma nahal kogunud, et tormilainetelt võib oodata kõike. Nende kogemuse sõnastas 1877. aastal Alfred Holt: «On üldiselt teada, et kõik, mis võib untsu minna, läheb merel untsu varem või hiljem, mistõttu pole vaja imestada, et meremehed eelistavad oma kogemust teaduslikele uuringutele.» Eriti vastab see Murphy seaduse eelkäija tõele siis, kui teadus ei ole (veel) suuteline selgitama, mis tegelikult sünnib sellises dünaamilises mõttes suhteliselt lihtsas keskkonnas nagu piir vee ja atmosfääri vahel üheainsa teguri – tugeva tuule – mõjul. Siiski on viimane kümnend toonud läbimurde hiidlainete uurimises.

Lainelevi on üks meie maailma fundamentaalset protsesse, mille käigus võib energia levida läbi mitmesuguste keskkondade nii, et keskkond ise praktiliselt ei liigu. Lainesüsteemid on enamasti väga keerukad ning koosnevad suurest hulgast komponentidest, kusjuures üksikute lainete omadused (kõrgused, perioodid, levikusuunad) varieeruvad laiades piirides. Selliste süsteemide omadusi iseloomustatakse tavaliselt lainete keskmiste parameetrite kaudu.

Merelainete puhul kasutatakse peamiselt nn olulist lainekõrgust H_s , mis on 1/3 kõrgeimate lainete keskmine kõrgus. Erineva kõrgusega üksiklainete esinemissagedust kirjeldatakse mitmesuguste statistiliste jaotuste abil. Nii näiteks vastavad tormilainete kõrgused Rayleigh jaotusele, mille kohaselt ülikõrgete lainete esinemise tõenäosus väheneb eksponentsiaalselt ehk väga kiiresti. Laineid, mis on kõrgemad kui $2H_s$, tohiks üldiselt ette tulla vaid üks kord pika tormi jooksul.

Tegelikult esineb ootamatult sageli laineid, mis ületavad olulise lainekõrguse kuni neli korda. Sellised hiidlained on enamasti sama pikad kui nende naabrid ning seega ohtlikult järsud. Üldiselt on nad lühiealised, tekivad nii-öelda eikuski ning kaovad sama kiiresti. Pikka aega peeti hiidlaineid osaks meremeeste mütolooxiast, esimesed kindlad andmed nende kohta saadi alles 1. jaanuaril 1995.

Kümme aastat tagasi sõnastas Statoili laineekspert Sverre Haver küsimuse: kas hiidlainete olemasolu näitab lihtsalt Rayleigh jaotuse ebaadekvaatsust või on hoopis tegemist suhteliselt haruldase, kuid tavalisest merelainetest erineva dünaamikaga lainete populatsiooniga?

Esimesel juhul peame hiidlainetega lihtsalt leppima (sh sellega, et neid ei saa põhimõtteliselt prognoosida), otsima mõne parema viisi nende statistiliseks kirjeldamiseks ning ehitama laevad, naftaplatvormid ja rannikutehnilised rajatised palju tugevamad. Teisel juhul on tegemist ääretult põneva ülesandega, mille lahendamise annaks olulist uut teavet meie maailma struktuuri kohta – ja mida tänu erinevates keskkondades kasutatavate võrrandite sarnasusele saaks vahetult rakendada paljudes teistes valdkondades.

Läbimurde alguseks selle küsimuse lahen-



damisel sai optiliste hiidlainete detekteerimine viimase kümnendi keskel (Solli jt 2007). Sellele järgnes analoogiliste nähtuste avastamine paljudes erinevates keskkondades, alates helilainetest ülivoolavas heeliumis kuni laineteni plasmas ja teatavat tüüpi võrekes, mis osalt kirjeldavad DNA toimimist ning mis võivad avada põhimõtteliselt uued võimalused geneetilise informatsiooni (ja selle vigade) kodeerimise ja edasikandumise analüüsiks.

Hiidlainete erinevaid vorme leiti hulgaliselt mitmesuguste merekeskkonnas levivate lainete jaoks. Kõigi ühiseks jooneks on see, et pealtnäha iseenesest toimub signaali amplituudi mitmekordne võimendumine. Optilistes ühendusliinides (aga ka tõenäoliselt üsna varsti tööle hakka-vates optilistes arvutites) tähendab see valguskaabli riknemist – mis on võrdlemisi ebameeldiv ja kulukas. Oleks muidugi äärmiselt põnev, kui selguks, et DNA reprodutseerimisel oleks teatav roll põhimõtteliselt määramatute omadustega hiidlainete mikroanalooogidel.

Praeguseks on selge, et Sverre Haveri esitatud küsimusele polegi olemas ühest vastust. Meie maailm on jälle kord veel keerukam, kui oskame arvata, ning hiidlained on selle lahutamatu osa – nii nagu 1960ndatel avastatud solitonidki (elastselt interakteeruvad üksiklained).

Hiidlainete struktuur sõltub oluliselt konk-



apäeva tipptehnoloogiasse



2 X PANTHERMEDIA/SCANPIX

Hiidlainete erinevaid vorme leiti mitmesuguseid. Kõigi ühiseks jooneks on see, et pealtnäha iseenesest toimub signaali amplituudi mitmekordne võimendamine.



reetsest situatsioonist. Üldiselt on nende tekkimiseks vaja vähemalt kahemõõtmelist keskkonda – näiteks merepinda. Neis süsteemides, mis dünaamiliselt sarnanevad avaookeani lainetele, käivitab hiidlainete tekkimise Benjamin-Feiri ehk nn modulatsiooniline ebastabiilsus. Selle käigus muutuvad pikkade laineharjade teatavad osad ebastabiilseks ning lainete energia võib kiiresti koguneda üksikutesse piirkondadesse. Tulemust näeme ülal kõrge ja väga järsu lainena, mille eluiga on aga üsna lühike ning mille parameetreid või täpset asukohta on praktiliselt võimatu prognoosida.

See laine enamasti ei murdu, vaid selle energia jaguneb pigem uuesti laiali madalamate lainetena. Teatava ootamatusena selgus, et eri suundades levivate lainete löikumisel hiidlainete tekkimise tõenäosus pigem väheneb; seega on nende tekkimiseks tarvis suhteliselt regulaarset lainepilti – mis esineb näiteks tugevatest tormidest allatuult paiknevatel aladel.

Põhimõtteliselt teistsugune on situatsioon keskkondades, mis dünaamiliselt sarnanevad lainetele madalas vees. Benjamin-Feiri ebastabiilsus on seal keelatud ning regulaarsete pikaharjaliste lainete kõrguse ootamatu suurenemine välistatud. Erinevalt sügavast veest on hiidlained selles keskkonnas – vähemalt seni teadaolevalt – alati seotud erinevatest suundadest tulevate lainete löikumisel sündiva võimendumisega. See nähtus on kirjeldatav suhteliselt lihtsate võrranditega. Tekkivate hiidlainete parameetrid, eluiga ja asukoht on (muidugi algandmete täpsuse piires) kergesti prognoositavad.

Rannikualade jaoks on viimased uuringud toonud esile mitu ebameeldivat sõnumit. Sellised lained on madalaveelistel aladel üsna sagedased külalised. Ainsate seni teadaolevate hiidlainete eksemplaridena võib nende eluiga olla väga pikk, teoreetiliselt isegi piiramatult. Hea sõnum on aga see, et neid on võimalik üsna täpselt prognoosida.

Inimese ja soolebakteri genoomist



MADIS METSIS

TTÜ bioinformaatika professor

Nüüd saame realselt hakata lahti mõtestama kuulsat lauset: sa oled see, mida sa sööd. See lause muutub nüüd tegelikkuseks. Me saame oma tervist, olemist, tuju ja kõike muud juhtida selle kaudu, mida me sööme. Teisalt, kui me mõistame, kuidas söömine meid muudab, võime muuta ka söömist.

Kui võtame viimase kümnendi biomeditsiini poole pealt, siis on toimunud kaks asja. On päris tore, et need on täpselt üheksa-aastase vahega. Märtsis 2001 tuli välja esimene inimese genoomi mustand ja märtsis 2010 avaldati esimene inimese soolestiku mikroobide metagenoom. Kui on teada inimese genoom, inimese naha peal olevate mikroobide metagenoom ja paari kilo soolikate sisu genoom, siis sellega teame inimese kohta juba päris palju. Selge on, et ainult oma genoomiga me hakkama ei saaks.

Nüüd saame realselt hakata lahti mõtestama kuulsat lauset: sa oled see, mida sa sööd. See lause muutub nüüd tegelikkuseks. Me saame oma tervist, olemist, tuju ja kõike muud juhtida selle kaudu, mida me sööme. Teisalt, kui me mõistame, kuidas söömine meid muudab, võime muuta ka söömist. Süüa neid asju, mis teevad meie elu pikemaks, enesetunde paremaks, tõstavad elu kvaliteeti. Need paar kilo baktereid meie sooltes on väga suure mõjuga, nende seas on õnneks enamus neid, kes meie heaks tööd teevad. Teame sedagi, et valest toidust tulevad lausa elupikkused haigused. Saadud teave annab meile suured võimalused mõista, mis meie sees toimub.

Personaliseeritud lähenemise osas oleme soolestiku metagenoomiga samas punktis kui inimgenoomiga aastal 2001. Meil on referentspunkt olemas ja teame mõnda üksikut kõrvalekallet, mis esinevad näiteks ülekaalulisuse või Crohni haiguse korral. Aga meil on olemas kõik vahendid ja järgmise kümnendi jooksul katame valdkonna laiemale.

Mis puutub personaliseeritud meditsiini, siis ei ole me sinna jõudnud, kus me arvasime, et praeguseks oleme, kui me kümme aastat tagasi inimgenoomi valmis saime. Inimese genoomi puhul on personaliseerimises midagi siiski toimunud, meil on juba esimesed ravimid, näiteks vähiravimid, mida soovitatakse kasutada ainult siis, kui on tuvastatud üks või teine geneetiline situatsioon. Juba enne seda kümnendit oli teada, et igal inimesel varieeruvad geneetiliselt ensüümid, mis lõhustavad ravimit maksas. On hea teada, kellel milline on, sest kui aktiivsus on madal, siis peame olema ettevaatlikud rea ravimitega, mis võivad osutada toksilisteks. Ja vastupidi – kui ensüümide aktiivsus on väga kõrge, siis ravim ei mõju, sest organism lõhustab selle väga kiirelt ära. Esimesed sammud on tehtud. Personaalsete ravimite jõudmisega läheb aega, aga personaalsete raviskeemide kasutamine on tegelikult juba realiseerunud ja süveneb.

Siit tulenevad ka muud asjad. Väga tähtis on see, et saame genoomist ja uutest tehnoloogiast lähtuvalt analüüsida ning ennustada, millised on uute ravimite kõrvalmõjud. 90 protsenti ravimikandidaatidest kukub edasisest protsessist välja seetõttu, et neil on kõrvalmõjud. Nüüd saame vastata küsimusele, kas kindel kõrvalmõju esineb kõikidel või ainult osadel inimestel? Ja kas raviefekt esineb kõikidel?

On ju väga palju ravimeid, millel ei ole kliini-



PANTHERMEDIA/SCANPIX

listes katsetustes olnud küllalt efektiivsust, aga kui minnakse tagasi ja hakatakse personaliseerima, siis leitakse, et näiteks 15 protsendile inimestele oleks see ravim olnud väga hea.

Kui räägime möödunud kümnendist tehnoloogia poole pealt, siis kümnendi keskel toimunud teise generatsiooni sekveneerimistehnoloogia tulek on bioloogiateaduste poole pealt sügavalt põhimõtteline samm. See on muutnud täielikult meie maailmapilti. Täna on loetud juba üle tuhande inimgenoomi.

Kui eluteadustest välja läheme, siis on meie õnneks jätkunud revolutsioon arvutiteadustes. Täna, aastal 2010, võime tavalisest natuke parema lauarvutiga teha sama, millega aastal 2000 said tegeleda ainult maailma parimatest parimad. Kümne aastaga on lisandunud meeleto võimsus ja see on aluseks sellele, et võime hakata rääkima süsteemsest lähenemisest bioloogiateaduses, kus me ei räägi ühest molekulist või ühest valgust ega ka mitte ühest genoomist, vaid süsteemidest. Andmemassiivid on nii suured, et saame hakata tegema üldistusi, ning meil on olemas tehnoloogia, et toimuks kvantiteedi üleminek kvaliteediks.

Peame ilmselt tunnistama tõde, et võitluses HIViga oleme praeguse seisuga ebaõnnestunud ja järgmise kümne aasta jooksul peaksime võib-olla alustama otsast peale. See on üks asi, kus võiks tulla mingi lahendus, on ju hullematest asjadest jagu saadud.

Teine asi, mis on selle kümnendi jooksul käinud läbi hädade, on koe ehitamine. Näiteks on ehitatud esimesed kopsud (loe ka Tarkade Klubi, juuli 2010). Tüvirakkude ümber on käinud meeletu reklaam, mis on jõudnud poliitiliste otsusteni välja. Loodan, et need vastuolud lahendatakse ning ka seal tuleb rohkem villa ja vähem kisa ning et tüvirakkude kasutamine jõuab praktikasse välja. Sel kümnendil on peamiselt kisa-misega tegeletud.



Väikesele ja andekale riigile!



KRISTJAN PORT

Tallinna Ülikooli
Terviseteaduste ja
Spordi Instituudi direktor

Talendi käsitlemine pelgalt geneetilisena on väikese riigi jaoks traagiline enesepiirang. Selline arusaam aitab massiliselt käega lüüa. Arusaam, et meile on keelatud edu väljaspool seda, mida pole sünniga kaasa antud, ei baseeru tegelikel tõenditel, kuna uskumuste kiuste need puuduvad.

Olgu selleks siis meile armsad saavutused kirjanduses, muusikas, males või spordis, märgatakse mõnede laste juures ka kunsti, teaduse, keelte ja kas või matemaatika puhul suhtelist edukust, millega nad suudavad ennast mainitud valdkondades teostada. Konsulteerimise andekate laste kohta on seni enamikku rahuldanud. Maailma sündinud inimeste paremuse põhjust saabki ju loogiliselt otsida ainult maagilisest sünniprotsessist. Enne oli imepärase jumalik õnnistus, nüüd räägitakse veendunumalt unikaalsetest geenidest. Märkamatu ühisjoonena puudub kummalgi seletusel sisu, st andekuse geene pole leitud, nagu pole selgunud ka õnnistusega seotud asjaolusid.

Üldiste tähelepanekute järgi jagub tüüpiliselt erialakeskset ja mõnikord alles hiljem ennast avaldavat annet alati vähemusele, mille olemasolu ja tulevikuise erakordsuse potentsiaali hindamiseks on tavaliselt vaja eksperdi abi. Näiteks kogunud muusikaõpetajat, kes hindab, kas lapse edasisi muusikutreeninguid tasub jätkata või mitte. Tänu sellisele skeemile õpivad konservatooriumis ainult andekad. Või vähemalt nii usutakse. Mis sellest, et hindajail puudub ühine andekuse olemuse sõnastus, pakkudes nii harjutamisega saavutatavat instrumendi haldamise osavust kui ka hinnates võimeid, nagu absoluutne kuulmine, mille puudumine pole siiski seganud lugematuid tänaseid tippmuusikuid.

Vaieldav on ka see, kui suurt osakaalu mõni avalduv «võime» omab lõplikus «tootes» ehk näiteks rahvusvahelise tasemega solistis. Või kunstnikus, tantsijas, teadlases, sportlases jne. Samuti on lahtine, mida keegi «ande» kui mõiste kasutamise abil teostab – kas iseloomustab kellegi etteastet kui andekat või hoopiski ennustab ja põhjendab ande abil kellegi tulevikku. Ühes ollakse siiski sama meelt – annet ei saa hankida, vaid see peab olemas olema. Anne on bioloogiline!

Lühidalt öeldes, siin peitubki uue mõtte olemus. Talendi käsitlemine pelgalt geneetilisena on väikese riigi jaoks traagiline enesepiirang. Selline arusaam aitab massiliselt käega lüüa. Arusaam, et meile on keelatud edu väljaspool seda, mida pole sünniga kaasa antud, ei baseeru tegelikel tõenditel, kuna uskumuste kiuste need puuduvad. Lühidalt võib uut mõtet esindava leeri lipule kirjutada «Anne on sotsiaalne!».

Tegemist on väga olulise ja enamuses veel teadvustamata arusaamakorrektooriga, mistõttu on arvata, et lugeja soovib tõendeid. Seega, kui suureks peate tõenäosust, et füüsikateaduste jaoks geneetiliselt andekad lapsed satuvad järjepidevalt Eesti elanike arvuga võrreldava New Yorgi Bronx linnaosa ühte vaesesse kooli? Seda kolmandiku osas alla vaesuspiiri elavate, peamiselt mustanahaliste elurajooni kooli on poole sajandi jooksul õnnistatud seitsme füüsika Nobeli preemia laureaadiga. Või miks Suurbritannias, ühes väikeses Reddingi linnas sünnib rohkem tipplauatennisiste, kui suudetakse leida kogu ülejäänud riigi kahe ja poole miljoni pinksi-

trennis käija peale kokku? Elimineerides selgitusest UFOd, jääb bioloogilise hüpoteesi puhul alles kahtlustada erakordse viljakuse perioodiga ühist isa (kellest ükski pere ei räägi).

Lihtsam ja tõsem põhjendus toetub reale headele õpetajatele, kes, nagu praegu Bronxi gümnaasiumis õpetav Liibanonist pärit naisõpetaja Ghada Nehmeh, ei tõrju kedagi, vaid teevad füüsika kõigi jaoks huvitavaks, sealhulgas ka nendele, kellel «anne puudub».

Viimasel ajal on kogunenud tähelepanekuid, et väljaspool nn lääne kultuuriga maid esineb näiteks muusikalist talenti sagedamini, see on laiapinnalised, ei oma varajast elust lahutatud andekuse komponenti ja on traditsiooniliselt seletatud peamiselt varajase ja sihipärase harjutamisega. Sarnaseid võib ja selgitusi võib leida spordist (tennisest jooksualadeni), Vene matemaatikute ja kas või Ameerika tippjärjehoidjate tippide väljal.

Kuna talentide sihipärane mitteotsimine ei tähenda veel andekuse puudumist, esitavad bioloogilise andekuse pooldajad mitu vastuargumenti. Esiteks leiab tippsaavutustega silma paistnud indiviidide puhul juba nende varajast lapsepõlvest erakordsete võimete demonstratsioone kas rääkimise, kirjutamise, klaverimängu või muu erakordse näol. Teaduslikkuse mõttes on tegemist siiski üllatavalt kehva, retrospektiivsete ja subjektiivsete mälestuste põhjal tehtud tähelepanekutega, mis on eriti värvikad just tänu hilisema erakordsuse ajalugu kaunistavale mõjule. Pealegi, see argument ei välista omakorda varajase soosiva ja motiveeriva keskkonna mõju nende põhimõtteliselt kõigile kättesaadavate võimete tasemetel seletamisel.

Teiseks on arvukad uuringud leidnud erakordsete võimete puhul korrelatsioone organsüsteemide, eriti aju ehitusest. Sellegi seletuse panevad proovile üllatavalt lihtsad küsimused. Näiteks pole teada, millist konkreetset võimet põhjustab mõni aju struktuurne muudatus, st puudub põhjuslik seos. Samuti pole teada, milline neist hilisemas elus leitud muudatustest on sünnipärane ja milline eluaegse kohanemise vili. Ja kas tegemist on ikka ainult vähemuse jaoks kättesaadava struktuurse muutusega.

Lõpuks aga esitatakse hullude geeniuste argument, ehk miks autistist Dustin Hoffman filmis «Rainman» suudab ühiskonna poolt hüljatuna ja koolis käimata pähe õppida terve telefoniraamatu ja kaalude jätta kaardid kasiinos? See peab ju ometi olema sünniga kaasa saadud eelis! Paraku jäetakse siingi märkamata autistide päevi täitev korduvtegevus, mida normikohases maailmas tuntakse ka treeninguna.

Ülaltoodule viidates võib uue sajandi algust pidada Sir Francis Galtoni aegadest poolteist sajandit jätkunud pärilikkusel baseeruva talendi otsingute tõllapeatusena. Puhkehetkel tasub lugeda John Sloboda, Anders Ericssoni, Mihaly Csikszentmihalyi, Geoffrey Colvini ja Matthew Syed'i tekste. Aeg on hobuseid vahetada! Kehv tulemus pole ande puudumine, vaid personaalses vaates vähene pingutamise ja riigi vaates raiskav hoolimatus.

Geneetiline isikupära tõuseb fookusesse

Juba 2005. aasta läbimurrete seas mainitud inimeste geenierisuste kaardistamine ning nende põhjal haigustega ja organismi tunnustega seotud geenide otsimine sai sel aastal täie hoo. Projekt HapMap oli aasta keskpaigaks kaardistanud kolm miljonit paika inimgenoomis, kus kahe inimese genoomis on ühetähelised erinevused (SNPd ehk snipid). Kokku on selliseid paiku hinnanguliselt 15 miljonit ja kahe inimese genoomid võivad teineteisest erineda mitme miljoni tähe võrra.

Kogutud andmestik võimaldas hoopis uuel moel asuda uurima geenide ja haiguste seoseid. Nõndanimetatud ülegenoomi assotsiatsiooniuuringutega vaadati läbi sadade ja tuhandete inimeste snippe ja püüti leida, millised on sagedasemad ühe või teise vaevuse all kannatajatel.

See aasta oli tunnistajaks arvukatele uuringutele, mis otsisid kümnete eri haigustega seotud gene. Peaaegu igal nädalal sai lugeda uudiseid, et on avastatud ühe või teise haiguse «geen».

Selle tegid võimalikuks uued ja kiiremad sekvenee-

rimismeetodid, mis lubasid hakata realiseerima unistusi ja lubadusi, mis olid olnud õhus esimese tervikgenoomimustandi avaldamisest 2001. aastal. Peamine neist on personaalne meditsiin, mis annab geenitesti põhjal teadmise selle kohta, milliste haiguste risk on keskmisest kõrgem või madalam või millised ravivõtted kõige paremini toimiksid.

Esile kerkisid ka esimesed firmad, kes hakkasid tavainimestele pakkuma geeniteste. Tarvitses vaid ettevõttele postiga saata nahaproov ja vastu tuli kiri, kus olid loetletud inimesele iseloomulikud geenimutatsioonid, mis mõjutavad haigusriske.

Praegu, mõni aasta hiljem, on toonane optimism pisut jahtunud. Genoomikammid on läinud veel tihedamaks, uuritud veel rohkem erisusi, kuid oodatud selget pilti pole saadud. Iga leitud geen selgitab enamasti vaid väikest osa mõne haiguse esinemisest. Uue aastakümne eel otsib geneetika taas parimat viisi, kuidas indiviididevaheliste erisuste tõlgendamisel edasi minna.



TEISED SAAVUTUSED

Kõikvõimsad rakud

Jaapani teadlastel õnnestus naharakudest teha tüvirakke. Kindlate geenide lisamisega suudeti juba spetsialiseerunud rakud tagasi viia algolekusse, millest omakorda saab kasvatada mis tahes tüüpi keharakke. See kaotas palju eetilisi vaidlusi tekitanud vajaduse kasutada tüvirakkude saamiseks embrüoid.

Kosmosekuulid

Kust tulevad ülienergilised osakesed, mis vallandavad Maa atmosfääris uute osakeste tekke kaskaadi? Seda aastat iseloomustas eri uurimisrühmade võistlus paremate mõõtmistulemuste ja tõenäolisemate allikate nimel, üheks kandidaadiks tõusid galaktikate keskmetes asuvad mustad augud.

Retseptor tuli pildile

Kristallograafid tegid teoks selle, mida peeti lootusetuks, ja selgitasid välja adrenaliinireseptori struktuuri. Retseptorite struktuuri teadmine aitab välja töötada paremaid ravimeid.

Räni asemel

Kihtidena kasvatatud metallioksiidid juhivad elektrit nagu me-

tallid ning on sarnaste magnetiliste omadustega. Selle aasta eksperimendid tekitasid lootuse, et metallioksiididest on võimalik valmistada ühendeid, millest saab paremaid pooljuhte.

Uus spinn

Teoreetikud ennustasid, et pooljuht, mille keskmes on kiht elavhõbetelluriidi, peaks esile



HUMAN GENOME PROJECT

kutsuma erilise elektronide käitumise nimega kvant-spinni Halli efekt. Sel aastal koostöös eksperimentaatoritega ka tõestati, et see nii on.

Immuunsõdurid

Selgus, kuidas immuunrakud haigusetekitaja rünnaku korral spetsialiseeruvad – mõned neist muutuvad rindele torna-

vateks jalaväelasteks, teised moonduvad mälurakkudeks, mille ülesanne on ka hiljem sama haigusetekitajat ära tunda.

Keemikute hea aasta

Uusi aineid sünteesivad keemikud tulid sel aastal välja rea uuendustega, mis teevad protsessid kiiremaks, tõhusamaks ja

odavamaks.

Mäletamine on loovus

Kes minevikku ei mäleta, ei suuda ka tulevikku ette kujutada. Uuringud näitasid, et mälu ja kujutlusvõime kasutavad aju sarnaseid närvivõrgustikke ning ühe kahjustused mõjutavad ka teist. Hüpotees on, et aju kasutab varasemate mälestuste lõike

võimaliku tuleviku konstrueerimiseks.

Võitmatu arvuti

Arvutiga pole mõtet kabet mängima hakata, sest sel aastal sai tehisintellekt selle mängu nii hästi selgeks, et ta ei saagi üldse kaotada. Parimal juhul, kui inimvastane ühtegi viga ei tee, jääb mäng viiki.

Molekulide püüdmine



ANDRES ÖPIK

TTÜ keemia- ja materjalitehnoloogia teaduskonna dekaan

Eesmärk on tõsta päikesepaneelide materjalide efektiivsust, et need töötaksid ka pimedamas keskkonnas, ning selleks on vaja osata juhtida materjalide omadusi ka aatomite tasemel. See on optimumi leidmise küsimus: madal hind ja piisav tõhusus peavad olema tasakaalus.

Materjaliteadus on mõnes mõttes määratlemata teadus. Ta võtab jupi füüsikast, midagi keemiast ja võib-olla ka mehaanikast. Selle tõttu ei saagi täpselt öelda, mis on selles valdkonnas tehtud suur avastus või läbimurre. Kõik avastused, mida tehakse keemias või füüsikas, viivad teadust alati edasi, kõik nad avavad uusi võimalusi.

Materjaliteaduse peamine eesmärk on järjest paremini tundma õppida materjali omadusi, see on protsess, mis areneb pidevalt edasi. Näiteks uued materjalide uurimise aparaadid, mis võimaldavad materjale ja nende omadusi järjest põhjalikumalt kirjeldada, minna mikro- ja nanoskaalasse, viivadki teadust selles valdkonnas edasi.

Materjaliteaduses üldiselt näitavad uurimis-suuna ette praktilised vajadused. Kui rääkida päikesepaneelidest ja teistest alternatiivsetest energia tootmise võimalustest, mida on ka TTÜs märkimisväärselt edukalt arendatud, siis sellega on tegelema sundinud vajadus. Argument on see, et laias laastus valdab 20 protsenti inimkonnast energiaressursse ja 80 protsendil seda pole. Ebavõrdsust on vaja kuidagi leevendada. Kui ei ole naftat, siis sul ei ole naftat. Aga päikest on kõigil, rohkem või vähem, ka tuult, jäätmeid.

Räni on teada-tuntud materjal päikesepaneelide tarbeks, aga teda ei ole võimalik teha suurepinnaliseks ja ta on kallis. Päikesenergeetika on põhiküsimus materjali ja tehnoloogia hinnas. Seetõttu on kõikvõimalikud odavamad tehnoloogiad teretunud ja selles suunas puhas materjaliteaduslik töö käibki. Eesmärk on tõsta päikesepaneelide materjalide efektiivsust, et need töötaksid ka pimedamas keskkonnas, ning selleks on vaja osata juhtida materjalide omadusi ka aatomite tasemel. See on optimumi leidmise küsimus: madal hind ja piisav tõhusus peavad olema tasakaalus.

Minu uurimisgrupp tegeleb materjalidega, mida nimetatakse üldnimetusega elektrit juhtivad polümeerid, õpime neid paremini kirjeldama ja samas oleme leidnud neile huvitavaid rakendusi. Materjalidest tooksin välja molekulaarselt jälgendatud polümeerid ja rakendusena molekulaarse jälgendamise meetodi. Meetodi idee seisneb selles, et erinevates keskkondades leidub alati molekule, mida oleks vaja kinni püüda. See võib olla näiteks mingi molekul, mida soovime kinni püüda mis tahes keskkonnast, spetsiifilise näitena näiteks inimorganismist haigust põhjustava antikeha.

Kui teame, millega on tegu, siis võime üritada seda molekuli kinni püüda nii, et teeme talle pesa – püüame teda jälgendada ehk teha täpselt selle molekuli sarnase jäljendi. Kui paneme jäljendi sinna, kuhu vaja – inimese organismi või õhku või lahusesse –, siis püüab jälgend selle molekuli väga efektiivselt kinni. Sellised sünteetilised jäljendid on looduslikest püüdurmolekulidest odavamad ja efektiivsemad.

Muidugi on vaja täpselt teada, mida tahame

kinni püüda. Siis on vaja teada, kuidas seda kinni püüda ehk mis on ühelt poolt kinnipüütava molekuli ja teiselt poolt püüdja iseloomulikud tunnused. Peame kinnipüütava molekuli sokutama püüdja sisse nii, et nii ümbritseva keha kui ka lõksustatava molekuli funktsionaalsed rühmad sobiks.

Seejärel teeme polümerisatsiooni, piltlikult öeldes segame kõik segamini ja teeme ühise maatriksi. Maatriksi sees leiavad kohad kinnipüütavad molekulid – ja neid kohti on palju – ning edasi on juba küsimus, kuidas suudame tehniliselt tühja jäljendi tekitada. Lõpuks on maatriks endasse saanud kinnipüütava molekuli jäljendi ja kui see maatriks koos tühjade jäljenditega uuesti panna sellesse keskkonda, kus jälgendatavaid molekule leidub, siis tunnevad jäljendid need molekulid ära ja püüavad kinni. Lõpptulemusena võtame maatriksi ja toome ta sealt keskkonnast lihtsalt välja koos kinnipüütud molekulidega.

Meetod on väga efektiivne ja seda võib edasi arendada katalüsaatoriteks, organismi viidavateks ravimiteks, selektiivseteks puhastusmeetoditeks või vahendiks, mis võtab soovitud aine kinni kromatograafi kolonnist.

Sellise pesa tegemine polümeerist, võrreldes näiteks looduslike ühendite kasutamisega, on lihtne, odavam ja suurema efektiivsusega. Nii-moodi on teoreetiliselt võimalik kinni püüda mida iganes. Kuid peame oskama prognoosida ja välja arvutada, millised ühised tunnused – funktsionaalsed rühmad – saame ehitada polümeermaatriksi sisse ja millised funktsionaalsed rühmad on samal ajal olemas kinnipüütavates molekulides.

Mida paremad on analüüsimeetodid ja mida rohkem täieneb ka arvutusbaas, seda paremini osatakse arvutada, kuidas ja mida me saame kinni püüda.

Väga oluline on selle idee edasiarendus suurte molekulide, valkude jälgendamiseks. Suured valgumolekulid ei pruugi mahtuda polümeeri maatriksi sisse, nende liikumine on seal samuti raskendatud. Lahendust pakub nn pindmiste mälupevadega süsteem, milles mälupevi kannavad nanovardad. Pinnale tekitatakse nanovardad ja jälgendatud pesad on varraste ümber. Siis saavad suured molekulid varraste vahel oluliselt lihtsamini liikuda ja sidumise efektiivsus on kõrgem.

Siit on edasi võimalik minna nii, et süsteem on magnetiliselt tundlik. Magnetiliselt tundlike jäljendatud süsteeme saame näiteks kasutada antikehadena ravimites, mis püüavad antigeene, saame neid magnetiga kontsentreerida teatud kohtadesse ja lõpuks kokku korjata, kui nad on oma püüdmise töö ära teinud.

Sellealane uurimistöö on maailmas hoogustunud alates 2000. aastast, ilmselt tänu sellele, et analüüsi-, sünteesi- ja jälgimisprotsessid on saavutanud taseme, mis võimaldab seda tüüpi protsesse järjest paremini kontrollida. Tallinna Tehnikaülikoolis oleme selleala uurimistööga intensiivselt tegelema viimased viis-kuus aastat.



Arusaam genoomi muutlikkusest



SULEV KÕKS

Tartu Ülikooli füsioloogilise genoomika professor

Õigemini ei olegi tegu niivõrd avastuse kui just arusaamaga, et meie genoom on dünaamiline, st muutlik, ja muutused toimuvad üsna kiiresti. Nendest muutustest arusaamine võimaldab meil paremini mõista pärilikkuse avaldumise keerukust.

Viimase kümnendi kõige olulisem fundamentaalne avastus meditsiinis ja eluteadustes laiemalt on seotud ikkagi genoomikaga. Õigemini ei olegi tegu niivõrd avastuse kui just arusaamaga, et meie genoom on dünaamiline, st muutlik, ja muutused toimuvad üsna kiiresti. Nendest muutustest arusaamine võimaldab meil paremini mõista pärilikkuse avaldumise keerukust.

Minu enda tööd mõjutabki kõige rohkem eeskätt genoomikaga seotud avastus. Püüan jõudumööda rohkem keskenduda genoomika küsimustele, sest see on valdkond, kus suured avastused on alles tulemas. Eestis on vastavateks uuringuteks olemas ka ideaalilähedased tingimused, seega tundub igati mõistlik seda vagu sügavamaks ja sirgemaks ajada.

Praktilistest saavutustest väärrib kindlasti mainimist taanlaste avastus, kuidas muuta iga-sugune veregrupp 0-grupiks. 0-grupp on universaalne doonorveri, seda võib üle kanda igale teisele veregrupile. See on oluline avastus, kuna doonorverega on kitsas kõikjal maailmas.

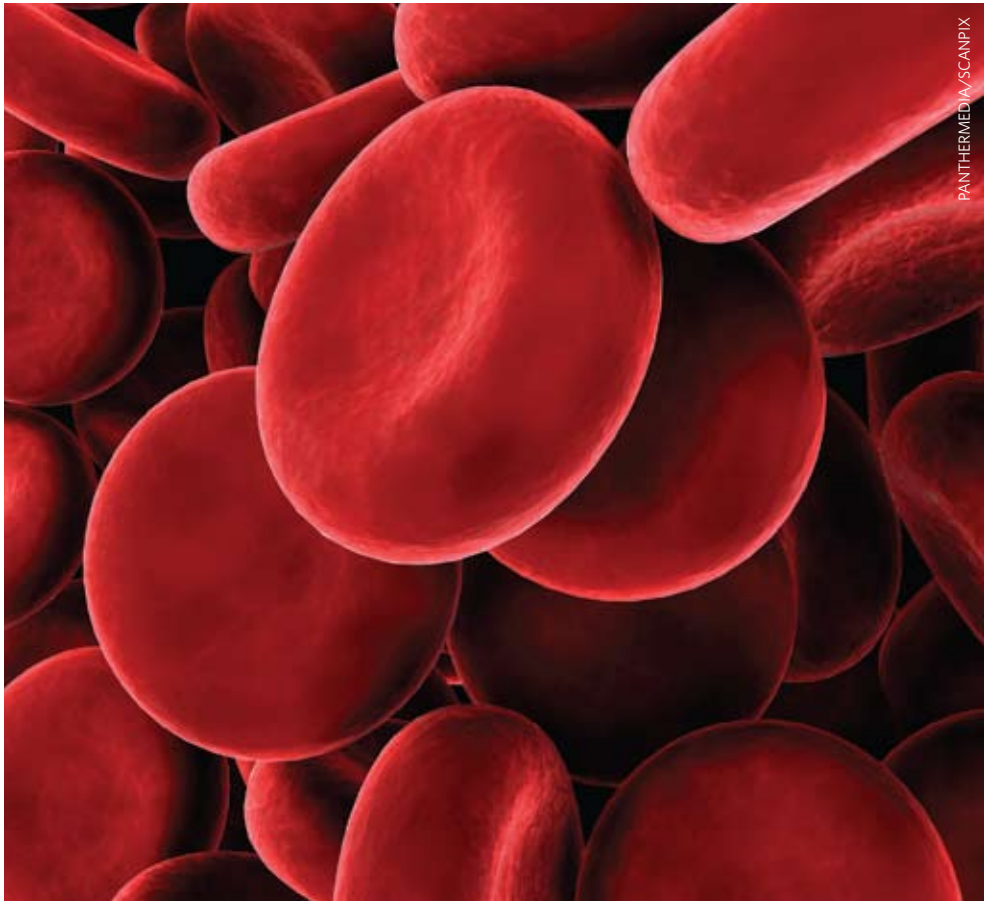
Muudest valdkondadest tundub tähtis astronoomide avastus, et meie universumi paisumine kiireneb. Seni arvati, et gravitatsiooni surve peaks universumi liikumine hoopis aeglustuma. Mida see endaga kaasa toob, on raske arvata. Võib-olla kunagi avastame ka selle, et meie klii-

ma ei soojeneagi.

Materjaliteadusest mainiksin Michigani Ülikoolis välja töötatud nanotehnoloogilist materjali, mis on sarnane «läbipaistvale alumiiniumile», see on imeõhuke ja väga tugev. Ning mis kõige ootamatum – seda materjali tehakse savist. Uue materjali kasutusvaldkond on väga lai ning arvatavasti muudaks materjali laiem levik ka Eesti savimaardlad kullaaukudeks.

Seda, kas mõni oodatud avastus tegemata jäi, on raske öelda. Avastustega on juba kord nii, et teed aga katseid, juurdled tulemuste kallal, kuid ei pruugi midagi leida. Teisalt võib aga mõni huvitav leid lebada aastaid «laual», ilma et keegi sellele tähelepanu pööraks. Ka viimasest kümnendist leiab selliseid avastusi, mida keegi ei osanudki ette näha, kuigi ka need, mida oodati, said teoks.

Järgmiselt aastakümnel ootan tarkuse lisan-dumist, seda nii mulle endale, aga ka teistele ja globaalselt. Võin kinnitada, et tarkuse lisan-dumine on elukestev protsess, mis on niisama loomulik kui hingamine. Laskem siis nendel loomulikel protsessidel toimuda. Oleks hea, kui me kõik muutuksime targemaks, arukamaks ja lähtuksime oma elu planeerimisel ratsionaalsetest kaalutlustest. Emotsioone on vaja, et elu värvilisemaks muuta, kuid nende põhjal otsuste tegemine ei pruugi kõige mõistlikum olla. Kui jagub tarkust, küll siis tulevad ka uued ja huvitavad avastused.



PANTHERMEDIA/SCANPIX

Pärilikkus ja kasvatus



JAANUS HARRO

TÜ psühhofüsioloogia professor

Nii geenid kui ka keskkonnad on olulised ja ühtaegu. Geenid kallutavad meie aju reageerima väliskeskkonnale rohkem või vähem, ja nii reeglina sünnist peale. Aju on aga piisavalt plastiline, et õppida oma emotsionaalsusega toime tulema – kui anda talle selleks võimalus sobivas kasvukeskkonnas.

Vaimesse terve ja käitumiskalduvuste peapõhjuste otsimisel kõikus valitsevate arvamus- pendel möödunud aegade ülisuure amplituudiga. Nooremad lugejad teavad, et teaduse peavool otsib kõige algtõukeid geenidest, ajalugu tundvad teaduhuvilised aga mäletavad, et mitte väga ammu pidas teadus käitumist täielikult kasvatusel läbi kujundatavaks.

Viimast seisukohta hakkasid õõnestama ühe- ja kahemunakaksikute võrdlevad uuringud, mis võimaldavad selgelt näidata pärilikkuse tähtsust, kuid meetodika eripära tõttu suudavad halvasti tabada nn jagatud keskkonna, sealhulgas kasvatusel mõju. Sellest sai alguse ülelihtsustatud ja tegelikkusega ilmses vastuolus seisev vaatenurk, et geenidega üksi saabki psühhikahäireid ja isiksust seletada.

Molekulaargeneetilised meetodid üksikute geenivariantide mõju mõõtmiseks hakkasid eelmise sajandi lõpukümnendil tuvastama isiksust kujundavaid, käitumist kallutavaid ja vaimuhaigusi soodustavaid geene. Kuid teateid selliste geenide leidmisest saatis alati kordusuuringute kirjude tulemuste parv ja agressiivsuse, uudishimu jms geenid lõpetasid oma tähelepanu reeglina kiiresti.

Oluliseks aastaks käitumise ja vaimse terve molekulaargeneetikas sai 2002, mil tehti kaks tulevikuteaduse jaoks põhimõttelise tähtsusega avastust. Esiteks leidis USA National Institute of Mental Healthis tegutseva Daniel Weinbergeri uurimisrühma liige Ahmad Hariri funktsionaalset magnetresonantskuvamist kasutades, et mandelkeha reageerib tugevamini hirmusignaali peale neil inimestel, kellel on üks kindel genotüüp (Science 2002, 297:400–403).

Siinkohal tuleb meenutada käitumisteadustes molekulaargeneetilise revolutsiooni käivitunud tööde hulgast 1996. aastal ilmunud Würzburgi Ülikooli psühhiaatriaprofessori Klaus-Peter Leschi ja kaastöötajate avastust (Science 1996, 274: 1527–1531): nad leidsid, et virgatsaine serotoniini transportimist korraldava valgu geeni promooterpiirkonnas on sageliesinev variant, mille kandjatel on serotoniinikäive väiksem, neurootilisus kõrgem ja neil esineb sagedamini psühhiaatrilisi probleeme.

Kuigi see tulemus kuulub nende väheste hulka, mida on olnud võimalik korrata, pole ta siiski universaalne. Hariri, Weinbergeri ja teiste avastus, et Leschi kirjeldatud riskialleel suurendab mandelkeha reageerimist emotsionaalse informatsiooni töötlemisel, on aga leidnud kinnitust paljudes järgnenud uuringutes ja tähendab seda, et meil on nüüd tööriist uurimaks pärilikkuse rolli ajutalitluse kujundamisel vaimses tervises ja käitumisvalikute tegemisel.

Üksivõetuna tekitab mandelkeha tundlikkuse geneetilise mehhanismi avastamine aga ka uue, ootamatu küsimuse. Kui mandelkeha suurem tundlikkus vastavalt senisele arvamusele on seotud neurootilisuse ja psühhiaatrilise haavatavusega ning on omane geeni riskialleeli kandjatele,

siis miks ei ole geneetilise riskiga uuritavatel paljudes uuringutes neurootilisus suurem ja vaimne tervis halvem? Mõõdapääsmatult järel- dub siit, et mandelkeha suurem aktiivsus hirmu tunnetamisel ei too alati kaasa häireid ning ei ole tingimata halb. Kuid millisel juhul on?

Seda näitasid sama geenivariandi kohta Avshalom Caspi ja kaastöötajad (Institute of Psychiatry, King's College, London) järgmisel, 2003. aastal (Science 2003, 301: 386–389), kuid juba eelmisel, 2002. aastal olid nad põhimõtteliselt samalaadse tulemuse välja toonud nn Brunneri sündroomi põhjustava geenivariandi kohta (Science 2002, 297: 851–854) – ja see oligi teine läbimurdeline 2002. aasta avastus. Nende tulemuste sõnum on lihtne: rahvastikus on mitmeid tavalisi aju arengut ja närvirakkude talitlust erinevalt kujundavaid geenivariante, mille mõju tähendus sõltub keskkonnast.

Näiteks sõltub monoamiinide oksüdaasi A-isoensüümi kodeeriva geeni iseloomust see, kas inimestel ilmneb kalduvusi antisotsiaalsele käitumisele. Aga ainult siis, kui nad lapseas on hooletusse jäetud või veelgi tõsisemalt väärko- heldud. Samalaadset, serotoniintransporteri geeni variant, mis suurendab mandelkeha tundlikkust, võib soodustada depressiooni, suitsiidimõtteid ja ka suitsiidi sooritamist. Samas, see efekt sõltub distressirohkete elusündmuste kogemisest ja lineaarselt või lausa eksponentsiaalselt nende arvust.

Teesi ja antiteesi kokku võttes jõuame sünteesile: nii geenid kui ka keskkonnad on olulised ja ühtaegu. Geenid kallutavad meie aju reageerima väliskeskkonnale rohkem või vähem, ja nii reeglina sünnist peale. Aju on aga piisavalt plastiline, et õppida oma emotsionaalsusega toime tulema – kui anda talle selleks võimalus sobivas kasvukeskkonnas.



2 X PANTHERMEDIA / SCANPIX



Teaduse enesemõistmise muutumine



TOOMAS PAUL

Teoloog ja teadusevaatleja

**Ka teaduse-
tegemine käib
universaal-
darwinismi
algoritmi
järgi, st uued
teooriad suge-
nevad juhus-
likest hälve-
test, soetavad
järglasi ning
olelusvõitlus
valib nende
hulgast elu-
jõulisemad.
Ka teadus-
teooriatel ei
ole mingit
muud sihti
ega teist ees-
märki kui ellu
jääda ja palju-
neda.**

Mõtteloolase pilguga vaa-
dates võib väita, et pärast
sada viiskümmend aastat
tõrkumist on 21. sajandi
alguseks toimunud pööre
teaduse enesemõistmi-
ses: teadus on loobunud
seadmast ennast loodusest kõrgemale. Viimane
Darwinile vastu pannud kants on kapituleeru-
nud.

Daniel Dennett käsitab evolutsiooniprotsessi
algoritmina, mõistuse poolt suunamata protses-
sina, mille järgimine peab andma tulemuse. Algo-
ritmid on substraatneutraalsed. Inimene pliitsi
ja paberiga, vändaga arvutusmasin ja digitaalne
kompuuter järgivad mõne matemaatilise protse-
duuri puhul kõik sama algoritmi ja jõuavad sama
tulemuseni. Substraadil ei ole tähtsust – loeb ain-
ult protseduuri loogika. Darwinil olid substraad-
diks elusolendid ja bioloogiline keskkond, kuid
nüüdseks on saanud selgeks, et tema loogika –
universaaldarvinism – kehtib ühtviisi igale süs-
teemile, kus on tegemist pärilikkuse, varia-
tsiooni ja selektsiooniga.

Algoritme ei juhi mõistus. Ette-
antud protseduurireeglite järgimine ei
vaja mingit intellekti ega muud lisategur-
rit, mis selle toimima paneks. Korrapära
lihtsalt peab sündima, kui miljonid olen-
did annavad miljonite aastate vältel rohkem
järglasi, kui neid püsima võib jääda. Püsima
jäädakse sellepärast, et kohanetakse paremini
keskkonnaga, millest end leitakse. Seejärel an-
takse oma omadused järglastele edasi ja nii see
jätkub. Kõigi nende arengute tulemusel muutub
keskkond ise pidevalt, mistõttu see protsess pole
kunagi staatiline.

Uus on taip, et ka teadusetegetamine käib uni-
versaaldarvinismi algoritmi järgi, st uued teo-
riad sugenevad juhuslikest hälvetest, soetavad
järglasi ning olelusvõitlus valib nende hulgast
elujõulisemad. Ka teaduse tegemise protseduu-
rireeglid ei vaja mingit mõistust ja teadusteo-
riatel ei ole mingit muud sihti ega teist eesmärki
kui ellu jääda ja paljuneda.

Teadus on üks tegevusi, mis annab inimesele
teiste loomadega võrreldes eelise – kiire ja adek-
vaatse kohanemise olemasolevate olukordadega
ning mingis ulatuses ka võime ennustada oma
tegude resp. tegematajätmist tagajärgi. Aga tea-
duselt ei tasu nõuda võimatut. Siililegi on selge,
et ei ole võimalik avastada maailmale ega elule
mingit eesmärki ega sihti. Kuni kehtib Gödeli
teoreem, on see sama totter ettevõtmine nagu
parun Münchauseni katse end juukseidpidi
soost välja sikutada.

Thomas S. Kuhn jõudis loodusteaduses toi-
munud nn teadusrevolutsioone analüüsides
järeltulele, et mulje tarkuse kumuleerumisest
on silmapete. Võitnud teooriaid esitatakse kui
sihte, aga nad ei ole seda. Lihtsalt vana normaal-
paradigma ei töötanud enam, liiga palju kogunes
erandeid ja tõrkeid, ja siis tuli luua uus. Mis on
vanaga ühismõõdutu. Aga ei mingit tera haaval
kujha kasvatamist! Seda lihtsalt ei saa olla.

William H. Calvin võttis kasutusele mõiste

«Darwini masin» (analoog «Turingi masinale»),
mida Henry C. Plotkin kasutab nii immuun-
süsteemide teket, ajutegevust kui ka teaduse-
tegemist kirjeldades. Evolutsioon teaduses on
samasugune ilma sihta protsess nagu bioloog-
ilise evolutsiooni puhul. Ei ole olemas mingit
etteantud sihtmärki, mille aina paremat mudelit
kujutaks iga aste teaduslike teadmiste arengus.
Kuhni meelest tuleks loobuda naivsest kujut-
lusest, olgu see eksplitsiitne või implitsiitne, et
paradigmamuutused viivad teadlasi ning neid,
kes nende eeskujut õpivad, üha lähemale tõele.
Mingit Tõde ega *telos't* ei ole olemas. Teadmiste
kohanemine kogemusega ei vii kaugemale ega
kõrgemale.

Richard Rorty meelest annab teadusloo mitte-
teleoloogiline tõlgendamine kultuuriteooriasse
samasuguse panuse kui loodusliku valiku meh-
hanistslik käsitlus andis evolutsiooniteoorias-
se. Inimkultuur on fenomen, mis on tekkinud
huupi katsetades, mitte aga evolutsiooniprots-
essi eesmärki. Laser pole «tõelisem» tööriist
kui kivi kirves ega ristatud roos rohkem lill kui
rakvere raibe. Donald Davidson õpetab meid
keele ja kultuuri ajalugu mõistma sellisena,
nagu Darwin õpetas nägema korallrahu

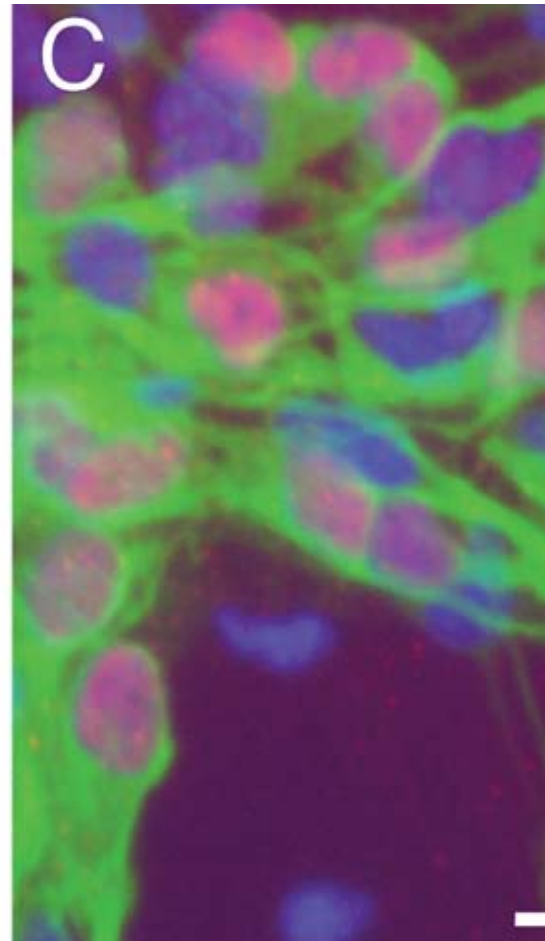
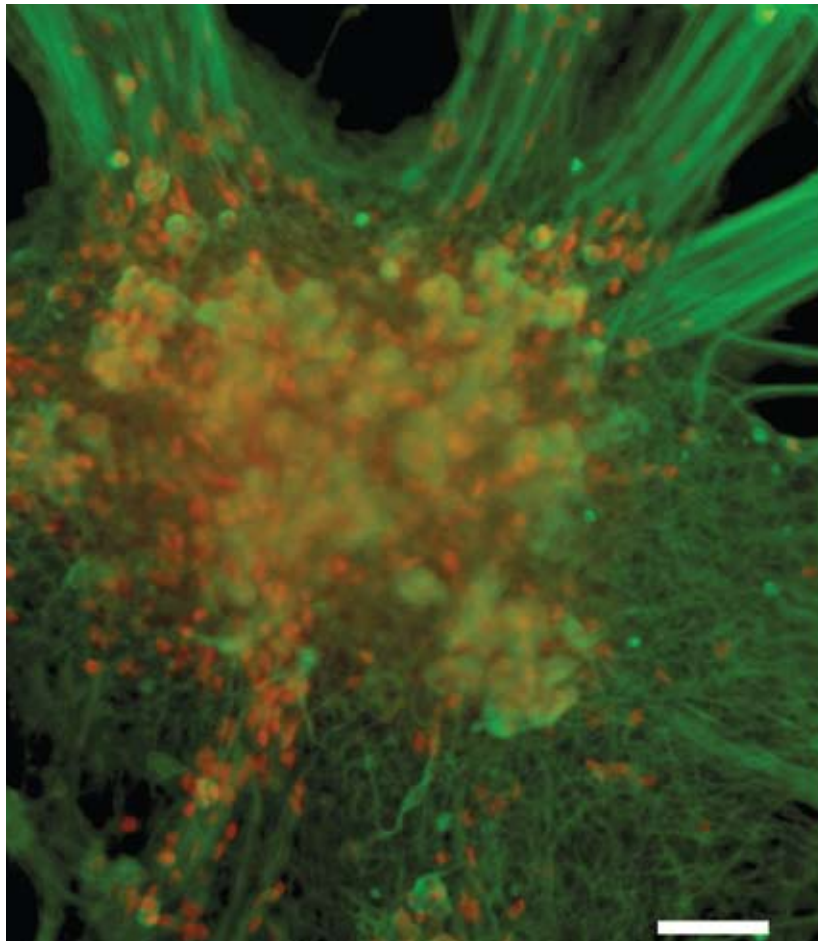
ajalugu. Vanad metafoorid surevad
pidevalt otsesõnalisusse ja saa-
vad niiviisi uute metafooride
kasvupinnaks. See ana-

loogia laseb käsitada
20. sajandi Euroopa
teaduse ja kultuuri
lihtlaste sattu-
muse-
te saadusena. Meie keel ja kultuur on sattu-
mused, tuhandete pisikeste oma niši leidnud (ja
miljonite elunišši mitte leidnud) mutatsioonide
tulemus täpselt samuti kui bioinseneride disai-
nitid GMOd.

Hetkel ruulib naturaliseeritud resp. natura-
listlik teadusfilosoofia. Ronald N. Giere rõhutab,
et teaduseuurimine peab mõistma teadust, nagu
mis tahes muudki inimtegevust, evolutsiooni-
teooria perspektiivis «täielikult naturaalse fe-
nomenina nagu kemikaalide toime või loomade
käitumine».

Descartes rajas tunnetusteooria kujutlusele
ratsionaalsest subjektist. Sellest ütleb nüüdis-
aegne naturalist lahti, sest ta näeb, et empiirilises
teaduseuurimises pole niisuguse kujutluse-
ga midagi peale hakata. Giere sedastab: «Meie
mudel individuaalsest teadlastest ei tarvitse olla
kartesiaanlik ratsionaalne toimija. See võib olla
mudel normaalsest inimlikust toimijast, kellel
sarnaselt teiste imetajatega puudub aristoteles-
lik olemus ja kes ei valda midagi rohkemat kui
tänapäeva kognitiivsete psühholoogide leitud
piiratud ja ekslikke tunnetusvõimeid.»

Mis siis teadust edasi viib? Giere vastab: «Ai-
nus teaduse liikumapaneva jõu allikas on indivi-
duaalne teadlane. See, mis paneb käima orgaan-
iliste liikide evolutsiooni, on individuaalsete
organismide võitlus ellujäämise ja paljunemise
eest. Samamoodi peab selleks, mis paneb käima
teaduse evolutsiooni, olema individuaalsete tead-
laste võitlus teaduses läbilõõmise eest.»



Rakkude muutumise maagia

Kui mõni aasta varem paljastus petturina Korea kloonija Hwang Woo-suk, kelle «avastused» oleks võimaldanud valmistada iga inimese rakkudest just talle geneetiliselt sobivaid tüvirakke, tundus, et tüvirakkude teema on mõneks ajaks päevakorrast maas. Ent siis tuli ootamatu läbimurre, mis hooilt lahendas palju seni tüviraku lendu piiranud probleeme.

Kaks aastat varem näitasid Jaapani teadlased hiirerakkude peal ja aasta varem inimrakkude peal (mis pääses ka Science'i edetabelisse), et ka tavalist naharakku on võimalik ümber programmeerida nii,

et ta naaseb tüviraku olekusse, kust võib omakorda edasi areneda mis tahes teist tüüpi rakuks.

See päästis uurimistöö valla ning sel aastal õnnestus valmistada esimesed rakuliinid, mis pärinevad raskeid ning raskesti uuritavaid haigusi põdevate inimeste rakkudest. Tänu sellistele rakuliinidele on võimalik laboris põhjalikult uurida, kuidas haigus rakke mõjutab, ning katsetada eri raviviise.

Loomulikult saadab tüvirakke eelkõige lootus tuua ravivõimalusi seni ravimatuks peetud haigustele, nagu Parkinsoni tõbi, suhkurtõbi, selg-

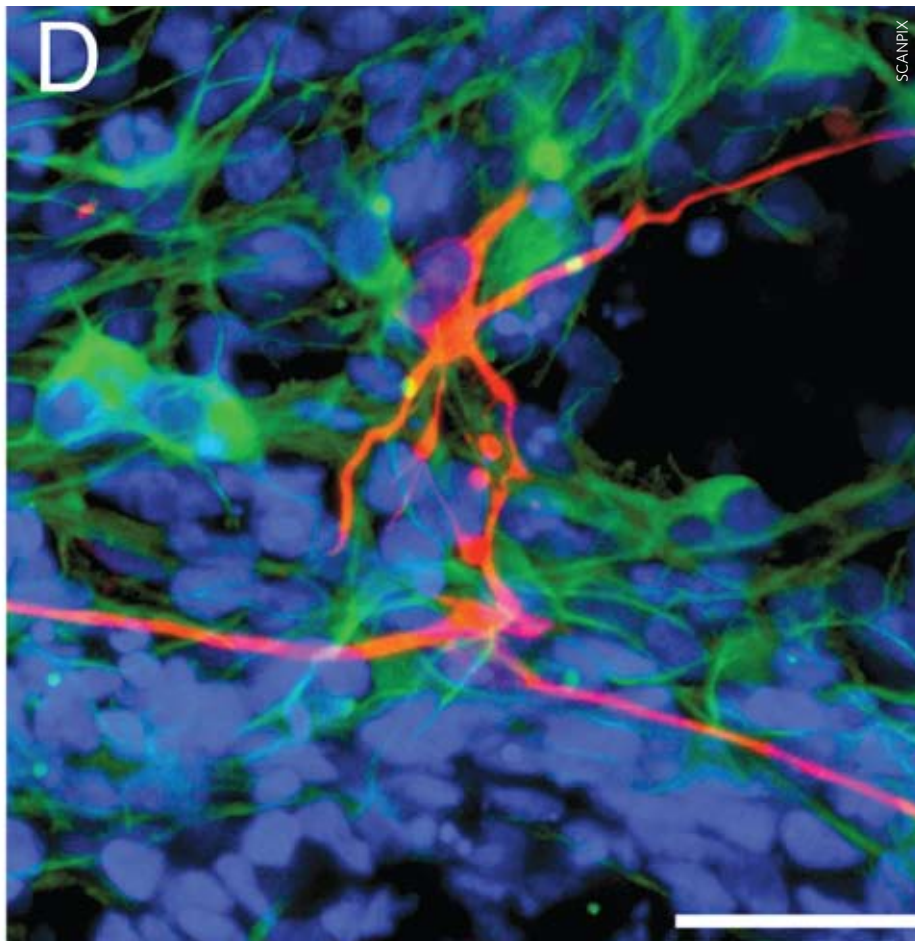
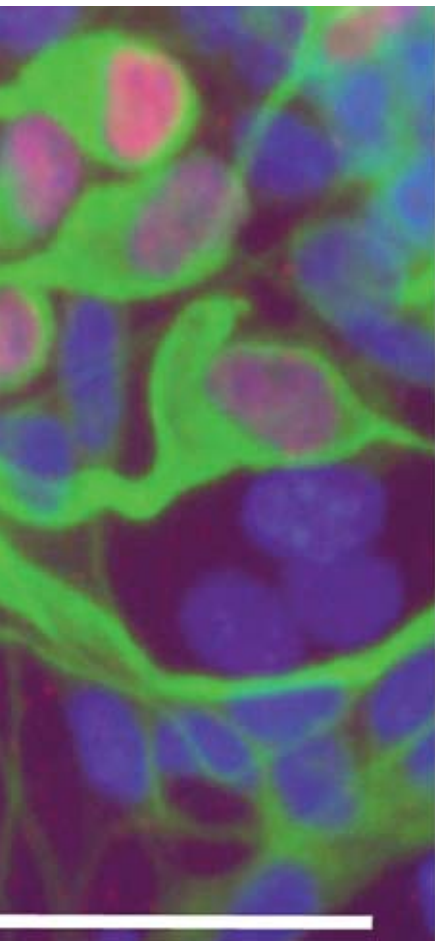
Tänu neile rakuliinidele on võimalik laboris uurida, kuidas haigus rakke mõjutab, ning katsetada eri raviviise.

roovigastuse järel tekkinud halvatus jne. Kui õnnestuks patsiendi organismi viia rakke, mis kahjustuste raviks või asendaks vigased rakud, saaks leevendada palju hädasid.

Selleni jõudmiseks tuleb aga ületada veel mitmeid ta-

kistusi. Esmalt eeldab rakkude ümberprogrammeerimine täiendavate geenide viimist raku. Nii need geenid kui ka postiljonina kasutatavad viirused ei pruugi organismi jaoks olla täiesti ohutud. Ka võivad tüvirakud ise soovitud koeks muutumise asemel põhjustada organismis hoopis kasvaja. Rakkude muutmise peab veel tõhustuma, praegu õnnestub ümber programmeerida vaid väike protsent töös olevatest rakkudest.

2010. aastal algasid esimesed tüvirakuravi kliinilised katsetused, mis peavad näitama raviviisi ohutust ja tõhusust.



TEISED SAAVUTUSED

Esimene foto eksoplaneedist

Päikesesüsteemi-väliseid planeete oli avastatud juba tosin aastat, enamasti kaudselt. Sel aastal õnnestus saada esimesed visuaalsed kujutised kaugete tähtede ümber tiirlevatest planeetidest.

Vähigeenid said kirja

Geenide järjestamise hoos jõudis kord kasvajarakkude kätte ning teadlased asusid otsima neid mutatsioone, mis tõukavad raku ohjeldamatu paljunemise teele. Avanes kainestav pilt interaktiivsete keerukusest, mis tähendab, et imerohtu vähi vastu ilmselt pole.

Uued ülijuhid

Teadlased leidsid uusi ülijuhte, mis ei löönud küll seniseid

temperatuurirekordeid, kuid pälvisid tähelepanu, kuna põhinesid rauaühenditel. Senised kõrgtemperatuurised ülijuhid olid vasepõhised.

Valgud suures ja väikeses plaanis

Üksikuid valke jälgides saadi andmeid selle kohta, kuidas valk sihtmärkidega seondub - tundub, et valk muudab kuju senikaua, kuni see sobib sihtmärgiga. Kuid jälgiti ka tuhandete valkude avaldumist rakkudes ning pakuti välja, et eri kudede spetsiifilised omadused ei tulene sellest, milliseid valgud avalduvad, vaid sellest, kui palju neid tehakse.

Põletame vett

Teadlased leidsid uue katalüsaatori, millega saab asendada

haruldast ja kallist plaatinat vee lõhustamisel hapnikuks ja vesinikuks. Avastusel on oluline mõju energiatehnoloogiatele.

Areng filmilindil

Uus mikroskoop võimaldas teadlastel filmida sebrakala embrüo arenemist ja jälgida detailselt, kuidas rakud arenevas lootes liiguvad ja eri kudedeks ning elunditeks kujunevad.

Pruuni rasva päritolu

Mitte kõik rasv pole halb. Meie kehaes leidub lisaks valgele rasvale ka nn pruuni rasva, mis põletab energiat. Seni arvati, et pruun ja valge rasv tekivad samadest rakkudest, nüüd aga leiti, et pruun rasv võib teatud spetsiifilise geeni väljalülitamisel muutuda hoopis lihaskrakuks ja vastupidi.

Prootoni mass

Füüsikateoreetikud arvutasid senisest täpsemalt välja, milline peaks olema prootoni mass. Kvantteooriast tulenevate määramatuste tõttu prootoni moodustavate kvarkide ja neid omavahel siduvate gluonite käitumises oli see ülesanne olnud seni keeruline pätkel.

Sekvenerimisorgia jätkub

Teadlaste käsutusse jõuavad aina kiiremad ja odavamad genoomide sekvenerimise masinad ning geenide lugemise boom jätkub. Valmis neandertallase genoomi esimene mustand, samuti saab loetud suur osa mammuti genoomist, kümnetest tänapäevastest liikidest rääkimata.

Mis olid Eesti teaduse saavutused?

Tähelepanuväärsemaid Eesti teaduse saavutusi välja selgitada on keerukas ettevõtmine. Head kriteeriumid puuduvad, seega otsustas Tarkade Klubi vaadata küsimust natuke ühe külje pealt, siis teise külje pealt, aga loobuda järjestuste tegemisest.

Üks võimalus on eristada tähtsaid avaldamiskoha järgi. Kõige mainekamad eelretsenseeritavad teadusajakirjad on Nature ja Science, esimene Inglismaalt ja teine USAst. Teadlasele on neisse ajakirjadesse pääsemist võrreldud lausa olümpiavõiduga. Eesti Teadusinfosüsteemi (ETIS) andmeil on Eesti teadlaste osalusel ajavahemikus 2001–2010 ajakirjas Nature avaldatud 28 artiklit ning ajakirjas Science 20.

Paljud neist on aga ulatuslikud rahvusvahelised koostööprojektid, mille autorite arv on kahekohaline. Eestis ja eestlaste tehtud teaduse leidmiseks vaatamise kas artiklite esimesi või viimaseid autoreid (sinna märgitakse tavaliselt olulisemad ja töösse rohkem panustanud autorid), samuti seda, kas nende autorite aadressiks on märgitud Eesti uurimisasutus.

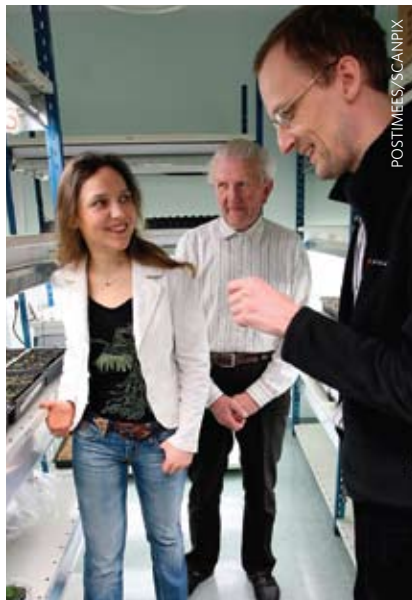
Nii tuli välja kolm tööd. 2008. aastal leidsid Triin Vahisalu ja Hannes Kollist (pildil koos samuti uurimistöös osalenud Heino Moldauga) geenid, mis reguleerib taimede lehtedel olevate õhulõhede tööd. Geen mõjutab oluliselt seda, kuidas taim käitub, sattudes näiteks veepuuduse tõttu stressiseisundisse.

Ülejäänud kaks tööd pärinevad sellest aastast. Eesti Biokeskuse teadlaste, sealhulgas Richard Villemsi ja Mait Metspala eestvedamisel uuriti juutide genoomi struktuuri, et selgitada nende põlvnemist. Töö kinnitas oletusi, et juudid, kus tahes maailmas nad ka ei ela, pärinevad ühest ja samast väikesest kogukonnast.

TTÜ professor Peep Palumaa määras aga rakkudes olevate vaske siduvate valkude affiinsuse ehk võime reageerida. Vask on elutegevuseks vajalik, kuid potentsiaalselt mürgine aine.

Nature- ja Science'i-keskust on aga tihti kritiseeritud ja seda tegid ka mõned Tarkade Klubi nõustanud teadlased. Nii on mõnede erialade esindajate jaoks mainekamad hoopis kitsalt nende oma ajakirjad, näiteks eelistavad füüsikud pigem Physical Review Lettersit.

Teine võimalus on vaadata, kui palju on teised teadlased ühele või teisele artiklile viidanud. Mida rohkem on teised teadlased mõne töö tulemusi kasutanud, seda olulisemad need peaksid olema. Sel-



POSTIMEES/SCANPIX

les vallas on esimene mainekas meditsiinaajakirjas Lancet 2005. aastal ilmunud uuring südamelihase infarkti ennetamisest teise tüübi diabeediga patsientidel, mida on tsiteeritud üle tuhande korra. Selle 30 autori seas oli ka Eesti endokriinoloog Toomas Podar.

Ent kui taas hakata otsima põhilisel Eesti autorite poolt Eestis tehtud töid, on esikohal ilmselt kaks Tartu geneetikute tööd 2002. ja 2006. aastast. Mõlemal korral Toomas Kivisilla juhtimisel uuriti esmalt hiinlaste mitokondri DNA põhjal nende põlvnemist (ajakirjas Molecular Biology and Evolution), seejärel valiku rolli inimese mitokondri genoomi evolutsioonis (ajakirjas Genetics).

Lisaks võib esile tõsta ökoloogide ja taimeteadlaste (Ülo Niinemets, Martin Zobel, Urmas Kõljalg, Leho Tedersoo) töid, mis on samuti kogunud pooleteist-saja viite ringis.

Selline lähenemine soosib muidugi artikleid, mis on ilmunud kümnenäädil esimesel poolel ja millel on olnud aega viiteid koguda. Samuti kirjutatakse mõnes valdkonnas teistest rohkem artikleid ja ka nii on kergem saada suuremat viidete arvu.

Kõigi nende erisuste silumiseks on välja mõeldud terve hulk valemiteid ja indekseid. Nii saab esile tõsta teadlasi, kelle osalusel valminud artiklite viidatavus on kõrgem kui üks protsent kogu valdkonna teadlaste viidete arvust (vaata infokasti «Meie tipud»).

Suurim saavutus on aga ilmselt see, et Eesti teaduse üldine tase – ikka nende samade numbritega mõttes – on saanud rahvusvaheliselt silmapaistvamaks.

TARCADE KLUBI TEADUSKOHVIK



«21. sajandi avastused»

28. detsembril kell 18 Tallinnas Tarkade Klubi heidab nii erinumbris kui teaduskohvikus pilgu viimasele kümnele aastale teaduse- ja tehnikamaailmas. Eelmise kümnenäädil avastusi, muutusi ja arenguid tulevad abiks kommenteerima teadusajakirjanik Tiit Kändler ja füüsik Jaak Kikas.

Teaduskohvik ootab huvilisi teisipäeval, 28. detsembril kell 18 galeriikohvikus aadressiga Toompuistee 35 (roheline klaasidega büroohoone Schnelli pargi vastas). Osavõtt on prii. Info ja varasemate kohvikuürituste salvestised leiad meie kodulehelt www.t-klubi.ee.

MEIE TIPUD

Eesti* teadlased, kes on ületanud oma valdkonnas 1 protsendi enimsiteeritavuse künnise (2000–2010):

- Jaan Aarik ja Kaupo Kukli (materjaliteadus)
- Jüri Allik, Risto Näätänen ja Endel Tulving (psühhiaatria/psühholoogia)
- Marlon Dumas (arvutiteadus)
- Mati Karelson (keemia)
- Hannes Kollist, Urmas Kõljalg ja Ülo Niinemets (taime- ja loomateadus)
- Ülo Langel (bioloogia ja biokeemia)
- Jaan Liira ja Martin Zobel (keskkond/ökoloogia)
- Richard Villems, Rando Allikmets ja Toomas Kivisild (molekulaarbioloogia ja geneetika)
- Jaak Panksepp ja Mart Saarma (neuro- ja käitumisteadus)

* Tabelis on koos nii hetkel Eestis töötavad teistest rahvusest teadlased kui Eesti teadlased, kes elavad ja töötavad väljaspool Eestit.

ALLIKAS: JÜRI ALLIK

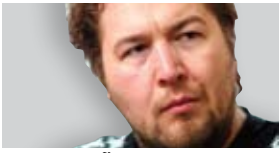


Nanotehnoloogia on kõikjal



ANTS LÕHMUS

Tartu Ülikooli Füüsika
Instituudi vanemteadur



RÜNNO LÕHMUS

Tartu Ülikooli Füüsika
Instituudi vanemteadur

**Tuleviku-
ideid võiks
ammutada
evolutsioonist.
Peaksime
õppima pare-
mini tundma
miljardite aas-
tate jooksul
toimunud loo-
duse loome-
tööd ja sealt
ideid noppi-
ma.**

Kui nanotorud 1991. aastal avastati, oli nende pikkus mõnisa- da nanomeetrit, praeguseks on aga jõutud isegi kolme sentimeetri pikkuste torudeni, st läbimõõt ja pikkus erinevad paljude suurusjärgude võrra. Makroskaalasse tõlkides tähendaks see, et meil on ühesentimeetrise läbimõõduga toru, mis ulatub Tartust Tallinnasse ja mida saab ühest otsast vabalt üles tõsta, ilma et ta oma raskuse all murduks. See on äärmiselt muljetavaldav ning loob materjalimaailmas hoopis uusi võimalusi, sest nanotorude omadusi saab juba makroskoopilisel tasandil kasutada. Tulevikumaterjal on kindlasti ka grafeen.

Nanotehnoloogias on väga raske tuua esile üht suurt saavutust, kuna tegu on väga kompleksse teadusharuga, kus piirid hägused. Makromaailmas on füüsika, keemia ja bioloogia vahel märksa kergem vahet teha, aga nanotasandil, eriti siis, kui minna päris aatomiteni, polegi selge, millisele valdkonnale aatom enim kuulub.

Oleme harjunud nägema tehnoloogiat selliselt, et on tooraine, töötlemine ja produkt. Metsa seostame puidutööstusega, mille tulemuseks on maja, mööbel vmt. Toiduainetööstus väärtustab põllusaadusi ja toob need meie ostukorvi. Nano puhul selline maailmavaade ei toimi, seal ei ole ühtset toorainet ega produkti, nanotehnoloogia on kõikjal.

Klassikalist mõtlemist ei saa nanoasjades kasutada. Makromaailmast mikromaailma minnes on muutused küll drastilised, aga aine omadused ei muutu. Nanoskaalas seevastu muutuvad ka omadused, mis muudab omakorda väga raskeks ennustuste tegemise. Mõni ootuspärane asi ei taha kuidagi realiseeruda, samas kui mõni ulmelisem idee võib kergesti teoks saada.

Kui praegu ennustada järgmise dekaadi suurt saavutust, siis kümne aasta pärast tagasi vaadates ei pea see enam kindlasti paika. Ennustusi saab teha üksnes olemasolevate teadmiste baasil, aga püüdkie ennustada midagi maavilise tsivilisatsiooni kohta, millest me midagi ei tea! Vanad teadmised ja harjumuspärane mõtlemisstiil siis ei aita.

Kui nanokuulikest tõugata, siis kas see hakkab veerema, libisema või läheb hoopis pooleks? Meie meeskonnal on päris hea aparaadiehituse kogemus, nii et saame selliseid asju uurida elektronmikroskoobi sees, mis võimaldab reaalselt vaadelda nii uuritavat pinda kui ka osakest enast, mõttes samas sellele avaldatavat jõudu. Tavapärasel moel aatomjõumikroskoobiga saab küll samuti osakest «lükata», aga seal ei näe täpselt ei osakese suurust ega ka pinda.

Nano- ja mikromaailmas on osake- te kuju väga tähtis. Kui mingist ainest pinna katmiseks saadav kile moodustab hoopis uusi struktuure, näiteks keerab end rulli või tekivad teravikud, siis on materjalil kohe uued omadused. Näiteks originaal- ning koopiaravimis võib küll toimeaine olla täpselt sama keemilise koostisega, kuid ravimi enda toime sõl-

tub palju sellest, kuidas see aine nano- või mikro- kujul «pakendatud» on. Tabletti võttes oleks ju hea, kui ta mõjuks ühtmoodi nii kümne minuti kui ka ööpäeva pärast.

Nanotehnoloogia rakendamiseks on aga väga oluline mastaaap. Kui tehnoloogia, olgu ta kui lahe tahes, ei too majanduslikku lisaväärtust, jääb see ainult teadustulemuseks. Tartus töötatakse välja klaasi, mis muudab elektri toimel oma läbipaistvust. Maailmas on sellele ka analooge, aga neid ei saa kasutada välisakende juures. Meie tehnoloogiat saab rakendada ka suurtel välispindadel ja kümne aasta pärast on säärane klaas kontorihoonete akendel kindlasti kasutusel.

Eesti Nanotehnoloogiate Arenduskeskuse teine suur partner on pakenditootja, kes on huvitatud tugevamast kilest. Kui materjal on tugevam, kuulub toorainet vähem ja see aitab raha kokku hoida. Kas see aga toob meile poeskäimiseks tugevamad kilekotid?

Õigem oleks ehk küsida, kas me üldse vajame kümne aasta pärast poekotte? Äkki saaks teha nii, et erinevad pakendid haakuvad üksteisega ja neid saab niimoodi koju viia? See on just üks selline koht, kus ei tohi mõelda raamides. Plastide vallas tuleb kindlasti palju muutusi, sest nõudlus on tugev. Näiteks oleks vaja plastist hammasrat- taid, mis ei vajaks õlitamist, kuluks võimalikult vähe ja ei tekitaks seejuures ohtlikku tolmu.

Tulevikuideid võiks ammutada evolutsioo- nist. Peaksime õppima paremini tundma miljar- dite aastate jooksul toimunud looduse loome- tööd ja sealt ideid noppima. Näiteks geko, kes on täiesti arvestatavate mõõtmetega elukas, suudab mööda peegelsiledat kõrbepäikeses üleskõetud pinda üles ronida. Kui pikka aega oli see täielik müstika, siis praeguseks on küll teada, kuidas see toimub, ent jäljendada pole seda siiski hästi suudetud. Silmale sileda pinnana tunduv mater- jal on nanotasandil siiski konarlik ja tegelikke kokkupuutepunkte ka kahe näiliselt sileda pinna vahel on väga vähe. Geko suurest käpast tule- vad aga välja väikesed karvad, mis kopeerivad pinnastruktuuri, nii et kokkupuutepind on suur. Laborites püütakse nüüd luua samal põhimõttel toimivaid teipe.

Uusi nanostruktuure luues on oluline see, et need oleks isekopeeruvad, umbes nagu mesilas- kärg – kui mingi struktuur on ees, siis järgmised kopeerivad seda. Siis ei peaks me igat detaili üksikhaaval valmis nokitsema, vaid saaksime anda üldised juhised, kuidas struktuur peaks ise orga- niseeruma.

Mingi asja võimatuks kuulutamiseega tuleb aga olla ettevaatlik. 19. sajandi algul kirjutas atomistika rajaja John Dalton, et aatom on nähtamatu ja jagamatu. Viimane väide pidas vastu 90 aastat, kuni Henri Becquerel ning Marie ja Pierre Curie avastasid radioaktiivsuse ja aatom sai jagatavaks. Läks mööda veel sama palju aega ning tunnelmikroskoobi leiutamise saai aatom ka nähtavaks. Paljud teadusavastused on toi- munud juhuslikult – kas on labor must, pääseb valgus kogemata proovile ligi või muud taolist. Oluline on neid juhuslikke muutusi märgata ja edasi uurida.



2009

Inimese kauge eellane

Aasta kõige läbimurdelise-
maks leiuks valis Science
4,4 miljoni aasta vanuse inime-
se eellase hüüdnimega Ardi.

Hüüdnimi Ardi tuleneb
leitud luustikule antud liigini-
mest *Ardipithecus ramidus*
ning kuigi eestlase kõrvale
kõlab see harjumatult, on Ardi
naissoost.

Evolutsioonipuu paikneb
Ardi inimese ja šimpansi vii-
masele ühisele eellasele lähe-
mal kui ükski teine senituntud
inimlane. See arengulõik oli
seni fossiilide poolt katmata
ning Ardi lubas teadlastel es-
makordselt saada aimu, mil-
lised nägid meie esivanemad
tol ajal välja, kuidas elasid ja
käitusid.

Üllatusena tuli, et Ardi oli
anatomiliselt märksa vähem
ahvilik, kui seni eeldati. «See
muutis arusaama varase in-
imese evolutsioonist,» põhjen-
das ajakirja Science peatoime-
taja Bruce Alberts Ardi esile-
tõstmist.

Nii tuleb välja, et Ardi oli
kahel jalal kõndimises osavam,
kui praegu on šimpansid, ent
mitte veel tänapäeva inimese
kombel pidev püstikõndija.
Samas polnud märke, et ta
oleks liikunud sõrmenukkide-
le toetudes, nagu seda teevad
šimpansid. Seega õppisid šim-
pansid ning ka gorillad sedasi
liikuma ilmselt iseseisvalt ja
nende ühiseid eellasi inimese-
ga see ei iseloomustanud.

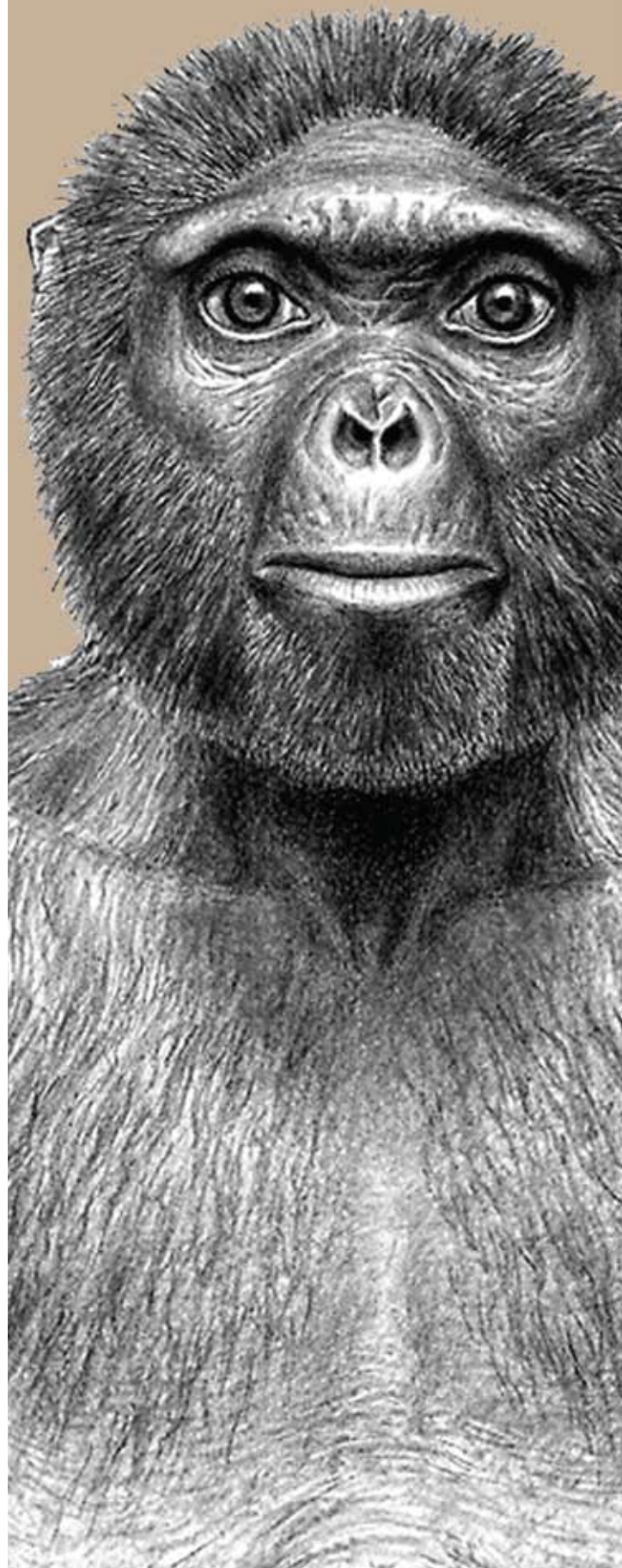
Samas polnud Ardi eriti osav
puude otsas turnija, näitab

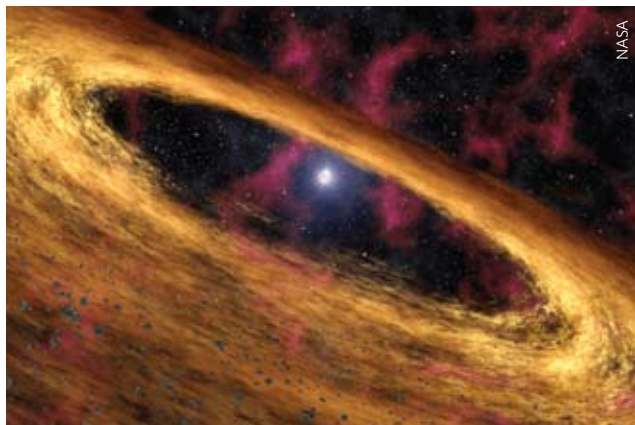
tema kämlaluude analüüs. Pi-
gem ronis ta puude otsas ringi
ettevaatlikult, kuid siiski ronis.
Luudega samadest arheoloogi-
listest kihtidest leitud õietolm
ning taimejäänused viitavad, et
Ardi elupaigaks olnud maastik
oli valdavalt metsane ning oma
ööd veetis Ardi tõenäoliselt
kiskjate eest varjudes ikkagi
puu otsas.

Berkeley ülikooli professo-
ri Tim White'i eestvedamisel
töötanud teadlaste rühm leidis
esimesed *Ardipithecus*e fos-
siilsed luud Ida-Aafrikast juba
1992. aastal. Iga väljakaevami-
sega leiti uusi luud, mis kuulu-
sid kokku vähemalt 36 isendi-
le. Neist ühe naissoost isendi
luustik aga õnnestus põhjaliku
ülevaate saamiseks piisavalt
täielikult kokku panna ja tema
ongi Ardi, umbes 120 senti-
meetrit pikk ja 50 kilogrammi
raske isend.

Ajahammas oli fossiile tu-
gevasti kahjustanud ja seetõ-
ttu kasutasid teadlased luude
analüüsiks mitmeid uudseid
meetodeid. Põhjalik töö võttis
kaua aega ning sai tulemuste
avaldamiseks küpseks möö-
dunud aastal, 17 aastat pärast
esimeste luude leidmist.

Siiski ei oska teadlased veel
kindlalt öelda, kas Ardi on tä-
napäeva inimese vahetu esiva-
nem või üks sugupuud kõrval-
haru. Fossiilide leidmine pai-
gast, mida võib pidada inim-
konna hälliks, lubab arvata, et
näeme olendit, kellesarnased
me kõik kunagi olime.





TEISED SAAVUTUSED

Pulsarite pulss

2008. aastal orbiidile lennanud gammakiirte kosmoseteleskoop Fermi leidis selle aasta lõpuks palju uusi gammakiirguse allikaid, teiste seas 16 uut pulsarit, mille uurimine lükkas ümber mitmeid seniseid arusaamu nende kiirgavate magnettähtede olemusest.

Õiged retseptorid

Kaua otsisid bioloogid taime-dest retseptoreid, mis seovad taimehormooni nimega ABA. Hormoon kannab hoolt selle eest, et taim kitsastel aegadel vee ja teiste ressurssidega kokkuhoidlikult ringi käiks. Nüüd leiti retseptorid lõpuks üles.

Ühe otsaga magnet

Veel üks kaua otsitud asi, see-kord füüsikas, on monopoolsed magnetid ehk sellised, millel on ainult üks poolus. Sel aastal õnnestus luua ühend, mis käitub just sellise ühe poolusega magnetina.

Nooruseeliksiir

Esmakordselt leiti ravim, millel on võime imetajate eluiga pikendada. Lihavõttesaare pinnases elutsevast bakterist isoleeritud aine rapamüsiin pikendas hiirte eluiga umbes kümne protsendi võrra. Samas kahjustab aine immuunsüsteemi. Ahvidel läbi viidud katsed näitasid, et eluiga pikendava toimega on ka kalorivaene dieet.

Jäine Kuu

Kuud saadeti rammima raske raketitükk ja satelliit LCROSS mõõtis kokkupõrkel üles paiskunud ainest. Nii õnnestus näidata, et Kuu kraatrite põhjas on pinna all jääd, mida saaks kasutada tuleviku baaside või kosmoseraketi kütusena.

Geeniteraapia tagasitulek

Ravivõtetega, kus püütakse kudedes välja vahetada vigane geen, alustati juba 1990. aastate algul, kuid mitmed tagasilöögid hoidsid arenguid tagasi. Sel aastal õnnestus saavutada läbimurre aga mitme raske haruldase haiguse ravis.

Algab grafeenibuum

2004. aastal avastatud materjali, ühe aatomi paksuse süsinikukihi uurimine sai sel aastal hoo sisse: tehti mitmeid teedrajavaid avastusi ja leiti paljutootavaid rakendusi.

Hubble'i taassünd

Juba peaaegu hukule määratud kosmoseteleskoop Hubble otsustati siiski ära remontida ja teleskoop tasus selle eest taaskord rabavate ja teaduslikult väärtuslike kaadritega.

Esimene röntgenlaser

Californias lülitati sisse maailma esimene röntgenikiiri kiirgav laser, mille abil on võimalik seninägematu täpsuse ja kestusega uurida molekule ja aatomeid.



Tõnu Korrol on Autolehe tegevtoimetaja.

Automaailm 2000–2010:

Kui loetud päevade jooksul lõppeva kümnendi saab kuidagi kokku võtta, siis automaailmas olid kõike läbivaiks joonteks kütusesääst ja loodushoid. Nii kõikehõlmavat ja pöördumatut kütusesäästumaaniat ei ole automaailm varem näinud.

1. KÜTUSESÄÄST

Lihtsustatult võiks väita, et eelmine kümnend (1990–2000) oli autonduses turvakümnend, mil sõiduautes olid läbi terve hulk ohutust tagavaid uudseid seadmeid ja süsteeme turvatpatjadest stabiilsuskontrollini.

Turvalisust pole tänaseni unustatud, kuid vahemikus 2000–2010 on ilmselgelt peamiseks kõneaineks tõusnud ühikud l / 100 km ja CO₂ g / km. Ehk mitu liitrit kütust kulutab auto saja kilomeetri läbimiseks ja kui palju osoonikihti hävitavat süsinikdioksiidi pääseb atmosfääri selle kütuse põlemisel.

Paradigma muutuse taga on suuresti poliitika. Kuna autosid peetakse üleilmse soojenemise üheks peasüüdlaseks, maksavad nende omanikud arenenud maailma riikides saastemaksu. Reeglina määrab maksu suuruse konkreetse auto CO₂-näit, mis on otseses sõltuvuses auto kütusekulust.

Eestis tundub see temaatika endiselt kaugevõitu, kuid näiteks Saksamaal või Suurbritannias on uut autot ostes selle hinnast olulisemgi valikukriteerium CO₂-näit. CO₂-põhine aastamaks ei pruugi olla seejuures ainuke meetod, mis on auto ostnud mehe või naise «karistamiseks». Välja saab mõelda palju muudki, näiteks nagu ühekordne lisamaks ummistunud linnasüda-



messe sõitmiseks või kõrgem parkimishind.

Et autoomanikele n-ö vastu tulla, asusid autotootjad oma toodangu keskkonnamõju vähendama. See suund sai alguse juba 1990. aastate lõpul, kuid muutus käesoleva kümnendi keskpaigast praktiliselt ainuvalitsevaks.

Pragueusel arenguhetkel

tundub, et kõige mõjusam vahend CO₂-näidu alandamiseks on nn *downsizing* ehk mootori suuruse vähendamine võimsuses kaotamata. See tähendab turbolaadimise kasutuselevõttu praktiliselt kõikidel mootoritel, mida praegu teevadki kõik Euroopa olulised autotootjad.

Ühes mootorite töömahu

vähenedes on vähenedes ka nende silindrite arv. Kuuesilindrilised mootorid on praeguseks võrdlemisi haruldaseks muutunud ja juba praegu kasutatakse sõiduautes ka kõigest kolme- ja kaheasilindrilisi mootoreid.

Mõistagi maksab keerukas arendustöö rohelisema tuleviku nimel miljardeid eurosid,



suund kütusesäästule



BMW

hobujõudu, 3,76 l / 100 km, tühimass 1395 kg.

2. HÜBRIIDAUTODE LÕPLIK LABILOOK

Hübriidindus on kütusesäästuga otseselt haakuv teema. Esimene selline seeriaauto saabus müügile küll juba 1997. aastal, kuid läbi löid ajamina nii elektri- kui ka bensiinimootorit kasutavad sõidukid siiski lõppeval kümnendil. Täna on eri mõõtu hübriidautod levinud paljude autotootjate mudelivalikusse.

Erilist võluvitsa, nagu kümme aastat tagasi loodeti, hübriididest ei kujunenud. Täna on selge, et hübriidtehnoloogial on mõtet, kui auto akusid saab laadida ka tavaliisest vooluvõrgust (nn pistiku-hübriidid), mitte pelgalt auto sisevõlmimootori abil. Ühtlasi annab hübriidtehnoloogia kasutamine suurema võidu suuremate autode puhul, millel vastavad keerukad komponendid moodustavad auto kogukaalust (ja müügihinnast) protsentuaalselt väiksema osa.



3. AUTO KUI ARVUTI

See, et uued autod on tänapäeval ratastel megaarvutid, ei tule kellelegi üllatusena. Elektroonikat on autodes meeletutes kogustes – ja mitte ainult luksusautodes. Elektroonika areng on aidanud välja mõelda ja autodel juurutada terve rea

süsteeme, mis peaks juhi ja sõitjate elu nii mugavamaks kui ka turvalisemaks muutama.

Autod «näevad» tänapäeval paremini kui juht, oskavad automaatselt pidurdada ja kiirendada, tunnevad liiklusmärke, mõistavad avariiohtu ning hellitavad sõitjaid – olgu muusika, liikuvate piltide, interneti või massaaži abil.

Mõistagi on elektroonika areng ka vältimatu kütusesäästu komponent. Paljud autod seiskavad juba praegu automaatselt fori all seistes mootori, soovivad kütusesäästlikult käiku vahetada või muudavad sõidu ajal oma aerodünaamikat nii, et auto väiksema kütusekuluga läbi õhu sahiuks.

4. ROBOTAUTOD

Kui mitte tavaliikluses, siis laborites ja katsepolügoonidel sõidavad praegu juba robotautod ehk autod, mis saavad hakkama täiesti ilma juhita. USAs on aastaid peetud isegi vastavasisulisi võidusõite.

Kui esimesel võidusõidul ei jõudnud finišisse ükski robotauto, siis peagi õppisid need ümbritsevas keskkonnas paremini toime tulema ning saavad nüüd hakkama ka linnaliiklust matkivas keskkonnas – arvestades teiste autode, jalakäijate ja liiklusreeglitega. Võimalik, et algaval kümnendil jõuavad robotautod ka tavaliiklusesse.

5. KIIRUSREKORDID

Terve autotööstus ei ole siiski ümber häälestatud pehmetele väärtustele, nagu turvalisus ja ökonoomsus, vaid isegi 21. sajandil ehitatakse ka erakordseid sõiduautosid. Täna-



autode absoluutne kiirusrekord tõusis kümnendi alguse 386 km/h-lt (McLaren F1, 1998. aastal) 431 km/h-le (Bugatti Veyron SS, 2010).

JÄRGMINE KÜMNEND – Kuhu edasi?

Millest saab järgmise kümne aasta suurim väljakutse autotööstusele? Elektriauto rahuldaval moel toimima saamine? Hoopis vesinikuauto, mida erinevad firmad on arendanud juba üle kümne aasta?

Usutavasti jäävad mõlemad autoliigid veel tulevalgi kümnendil siiski marginaalseiks nähtsiks. Autotööstuse suurimaks väljakutseks saab aga sõiduautode kaalu kontrolli alla saamine.

Kõiksugu turvasüsteemid ja elektroonilised mugavusseadmed suurendavad autode massi niigi, hübriidtehnoloogia toob lisakilosid elektrimootori, akukomplekti ja juhtelektroonika näol. Alla 1500 kg tühimassiga sõiduautot peetakse pigem kergeks ja luksusdžiibid kaaluvad lausa 2500 kg.

Autosid on üritatud mitmel moel dieedile panna, kuid toimivad materjalid, nagu alumiinium või süsinikplast, on massiautode jaoks endiselt liiga kallid.

Kaalusääst tooks kohe kaasa kütusekulu ja CO₂-näidu alanemise, samade kiirusomaduste saavutamiseks vajatakse väiksemat jõuallikat, mis muudaks sõiduki veel loodusäästlikumaks. Töö käib.

mida autotootjad üksteise võidu investeerivad. Lõppkokkuvõttes maksavad progressi kinni aga ikkagi autoostjad.

BMW 2009. aasta ideaauto Vision EfficientDynamicsi (ülal pildil) ettevalmistamine seeriatootmiseks käib. Neljakohalise diiselhübriidi põhinäitajad on fantastilised: 356



14 põhjust, miks maailm

WIKIPEDIA

Wikipediat võib armastada või vihata ning õpetajad ja professorid võivad San Franciscos asuva Wikimedia Foundationi poole ükskõik milliseid saatusi saata, kuid see ei muuda fakti, et inimesed armastavad Wikipediat ja, oh õudust, isegi usuvad seda. Maailmas ei ole ühtegi teist sellist andmekogu, kust leiaks võrdväärset infot nii raku ehituse kui Justin Bieberi kohta, ning asjaolu, et Wikipedia on tavaliste inimeste kokku pandud entsüklopeedia, paneb lihtsalt õhku ahmima. Kes oleks kümme aastat tagasi arvanud, et selline asi üldse võimalik on? Võib-olla kunagi antakse Wikipediale kaheksanda maailmaime staatus, sest Siem Reapi templid on selle inimestevahelise koostöövõime monumendi kõrval lihtsalt ühed lagunevad kivihunnikud, aga seni on meil kõigil võimalus Wikipediat nautida ning neile raha annetada, et see ime püsima jääks.

JUHTMEVABADUS

See, et internet on juhtmevaba, on ju nii iseenesestmõistetav. Võib-olla tuleb mõnele lausa üllatusena, et see pole alati nii olnud. Kümme aastat tagasi ei olnud nii, et teed oma sülearvuti suvalises kohas lahti ja oledki internetis. WiFi maaletoojaks Eestis oli Veljo Haamer – just tema oli see, kes kümnendi alguses hakkas levitama mõtet katta näiteks kohvikud, aga ka pargid või terved linnad tasuta WiFi-leviga. Mo-



biilse andmeside revolutsioon teeb selle küll uue kümnendi alguses ebavajalikuks, kuid juhtmevaba vabaduse saavutamise jääb viimase kümne aasta suureks läbimurdeks sellegipoolest.

LAUAARVUTID MARGINAALSEKS

Kümme aastat tagasi olid sülearvutid luksuskaup, raha liikur hoopis lauaarvutite turul. Ar-

vuti tähendas üsna ühemõtteliselt beeži või hall kasti, mille jaoks oli vaja kodus spetsiaalselt ruumi teha. Õnneks on need ajad möödas. Üldnimetusega «arvuti» tähistatakse üha sagedamini sülearvutit ja suurt plekist kasti koos koleda juhtmevabusega pole kellelgi tarvis enam koju osta. 10 aasta tagusest luksuskaubast on saanud tarbekaup ja tollasest tarbekaubast niisütoode.

SUHTLUSVÕRGUSTIKUD

Suhtlusvõrgustikud on loonud täiesti iselaadse suhtekihi, mida veel kümme aastat tagasi sellisena olemas polnud. Veebiklubid, foorumid ja jututoad olid, aga need olid teemako- hased ja koondasid väikest inimeste hulka. Orkut tegi ukse valla esimesele tõeliselt globaalsele suhtlusvõrgustikule ja Facebook vallutas terve





Henrik Roonemaa on [digi] peatoimetaja ja Sven Vahar [digi] toimetaja.

pole endine

PA/SCANPIX

guses revolutsiooni, tuues turule esimesed enam-vähem mugavad kaasaskantavad kassetimängijad Walkman. Seejärel tulid portatiivsed CD-, ning hiljem MP3-mängijad. Tundus, et muusika kaasaskandmine ei saa enam lihtsamaks minna. Aga sai. Pöördepunktiks oli aasta 2005, mil muusikat mängivad telefonid jõudsalt levima hakkasid. Milleks kanda kaasas mitut seadet, kui saab hakkama vaid ühega?

YOUTUBE

Kui Jawed Karim 23. aprillil 2005 laadis omaenda uude saiti youtube.com video «Me at the zoo» ehk «Mina loomaaias», ei kujutanud ta ilmselt ette, millega ta just hakkama oli saanud. Kõigest mõne aastaga kasvas YouTube kogu maailma helija videoloomingut talletavaks organismiks ning tänapäeval kehtib küll paljude jaoks väide, et kui sind poole YouTube'is, siis pole sind olemaski.

SKYPE

Skype on muutunud Eesti kui IT-riigi edu tähiseks ning ilmselt ei jäta ükski eestlane välismaal käies võimalusel rõhutamata, et Skype mõeldi välja just Eestis. Muidugi jätab see riigi turundamiseks hästi sobiv legend mõneti teenimatult varju kaks Skandinaavia ärimest, kellel ka Skype'i edus oma osa mängida oli, aga mis siis. Skype on Eesti oma! Samavõrra oluline on see, et Skype ja tema konkurendid on inimesed vabastanud suurte telekomifirmade ikke alt, sest kui seni tuli ühest maailma nurgast teise helistamise eest maksta röögatut hinda, siis enam mitte ja Skype on selle revolutsiooni sünonüüm.



BRAUSERIST ON SAANUD TÖÖVAHEND

Aastal 2000 oli brauser peamiselt pigem töötegemiseks mittevajalik programm, sest sellega sai vaid mööda meelelahutuslikke veebisaite käia või heal juhul intranetis kalendrit pidada. Nüüdseks on väga paljud töövahendid muutunud veebipõhisteks ja brauser on paljude jaoks vaata et olulisimaks töövahendiks üldse. Firmad on taibanud, et palju lihtsam on hallata veebipõhist töövahendit kui majandada iga üksiku töötaja arvutisse installitud töölauatarkvaraga, selle uuendamise ja värskendamisega.

NETIPOED JA VIRTUAALNE KAUBANDUS

Amazon ja Ebay olid olemas juba vastavalt aastail 1994 ja 1995, kuid netipoodide globaalne plahvatuslik kasv on toimunud alles viimasel kolmel-neljal aastal. See on muutnud täielikult kaubanduse iseloomu nii müüjate kui ostjate jaoks. Müüjad ei pea ülal pidama müügisaale ja laoruume ning ostjad ei pea enam mööda linna ringi jooksma poodidest soovitud asja otsides. Veebipoodidest saab osta nii pitsat ja tualettpaberit kui ka hävituslennukeid ja tanke. Karpi pakendatud tarkvara ja mängude ostmine on muutunud peaaegu täiesti mõttetuks.

Failid on veebi kolunud

Viis-kuus aastat tagasi olid CD-toorikud kuum kaup, sest nendega sai sõbra käest kraami tuua ja nendele tuli arhiveerida oma kõvaketaste sisu. Tänapäeval ei lähe sa mitte plaadiga sõbra juurde, vaid küsid talt linki. Isegi varundamist on lihtsam juba mõne veebiteenuse abil teha kui hakata mässama mälu-pulkade, väliste kõvaketaste ja DVD-plaatidega.

MMORPG

23. novembril 2004 sündis maailma uus riik, õigemini uus maailm nimega World of Warcraft. Pärast WoWi on võrgupõhised virtuaalmaailmad endasse haaranud miljoneid inimesi, kes veedavad virtuaalmaailmades vaata et rohkem aega (ja kulutavad rohkem raha) kui päriselus.

Töölaua-Linuxi äravajumine

Linuxile pandi suuri lootusi, kuid see ei õnnestunud saavutada kodukasutajate hulgas kriitilist massi ning Windowsi konkurendiks tõusis palju tugevamalt hoopis Mac OS.

Apple

Kui oleksid otsustanud näiteks aastal 2001 uue Maci ostmise asemel panna 20 000 krooni Apple'i aktsiatesse, oleks sul praegu 620 000 krooni. Nii võimas on 10 aasta jooksul olnud Apple'i tõus börsidel, kuid üks tegelikkuses peegeldab see tõsiasja, et viimane kümnend on olnud Apple'i kümnend. iPad ja iTunes sulgesid plaadipoed, iPhone tegi üksinda mobiilse interneti revolutsiooni ning lõpuks tekitas iPad küünarnukkidega endale turule uue niši

Suured telerid kodudes ja 3D

Alles oli aeg, mil keegi ei saanud eriti hästi aru, milleks üldse peaks telesaadete vaatamiseks olema kodus hiiglaslik ekraan. Nüüd rabavad inimesed massiliselt 42tollised, 50tolliseid ja isegi suuremaid HD-telereid.

maailma. Kui Facebook oleks riik, oleks ta oma 500 miljoni kasutajaga maailmas rahvaarvult kolmas riik pärast Hiinat ja Indiat. Iga meie sõna ja pilt võib nüüd loetud sekunditega olla kättesaadav kõikjal üle maailma.

KAASASKANTAVATE MUUSIKAMÄNGIJATE KADUMINE

Sony tegi 1980ndate aastate al-



Kaido Einama | tehnoloogia

Kaido Einama on Arvutimaailma peatoimetaja.

Arvutimaailma kümme aa

Arvuti tulevikku on peaaegu alati kohutavalt mööda ennustatud. Kümme aastat tagasi ei osanud keegi aimatagi, et 2010. aasta inimese päev algab voodis puutetundliku nutitelefoniga (või meediatahviliga), kust loetakse suhtlusvõrgu teateid, vaadatakse üle tähtsamad uudised, avatakse suhtlusaknad ja alles siis algab päev hommikukohviga.

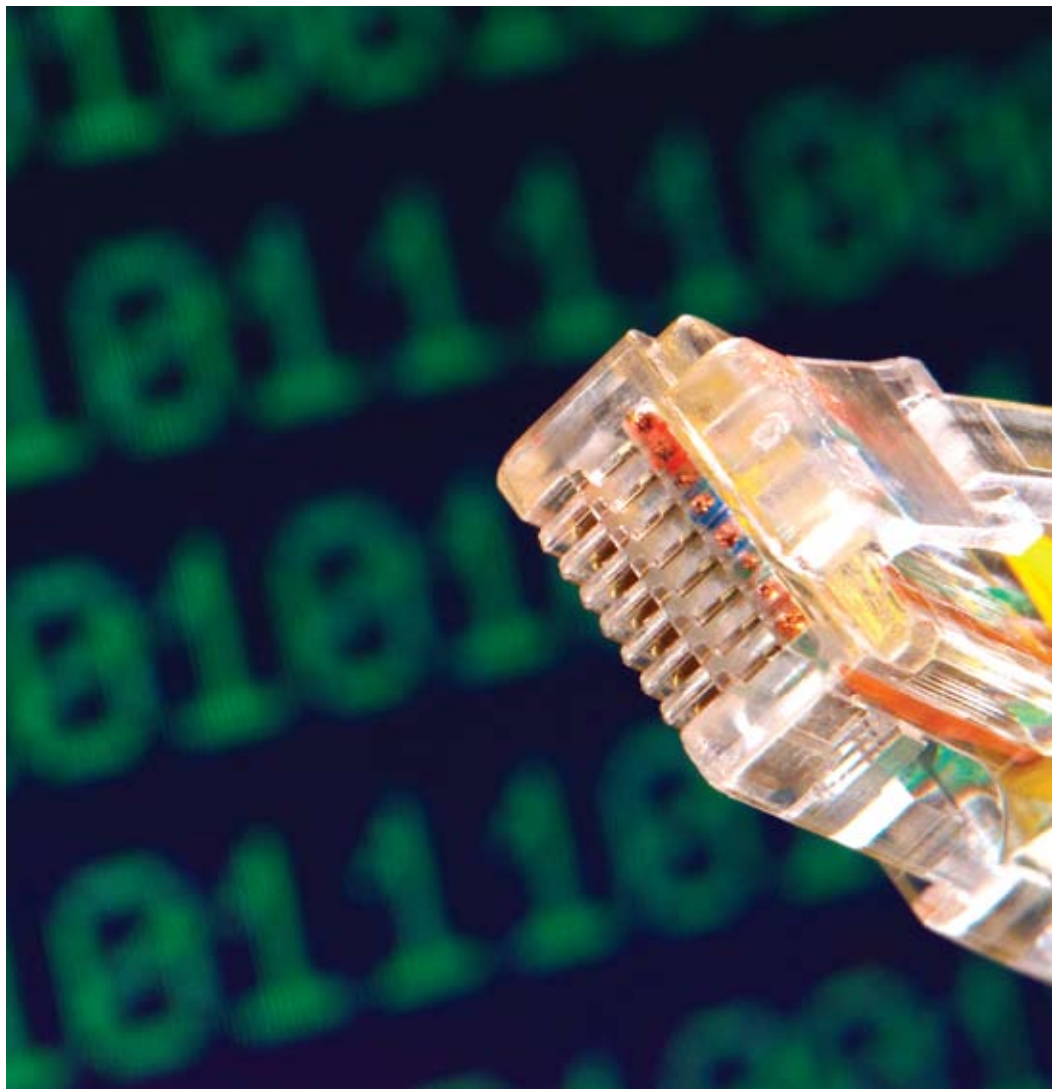
Kümme aastat tagasi arvati hoopis, et me kasutame praegu holograafilisi ekraane, juhime Windowsi-laadseid kasutajaliideseid õhus käega viipeid tehes ning julgemad ennustasid koguni, et enamikus kodudes juhib kogu tehnilist poolt väike tehisintellektiga server, mis suhtleb meiega soravas inimkeeles.

Aga et seekord meenutame pigem arvutite arengut viimase kümne aasta jooksul, siis võtame teemade kaupa ette kümne aasta tagused ja hilisemad arvutiajakirjad.

ARVUTID PILVE

Arvo Mägi kirjutas 2000. aasta märtsi Arvutimaailmas, et lähiaastatel hakkavad laua- ja sülearvutite asemel üha rohkem levima odavad infoseadmed, millel pole kõvaketast ega võimsat protsessorit, vaid mille tarkus asub serverites ja nendega ollakse ühenduses interneti teel. Taas võib öelda, et kuni viimaste aastateni see ennustus eriti ei täitunud. Ikka osteti iga paari aasta tagant jälle võimsam arvuti, millel rohkem mälu, vingem graafika ja kiirem protsessor (lisandusid ka mitu tuma, sest kiiruse kasvule tuulid tehnoloogilised piirangud).

Alles nüüd on hakatud rääkima pilvetehnoloogiast ja see



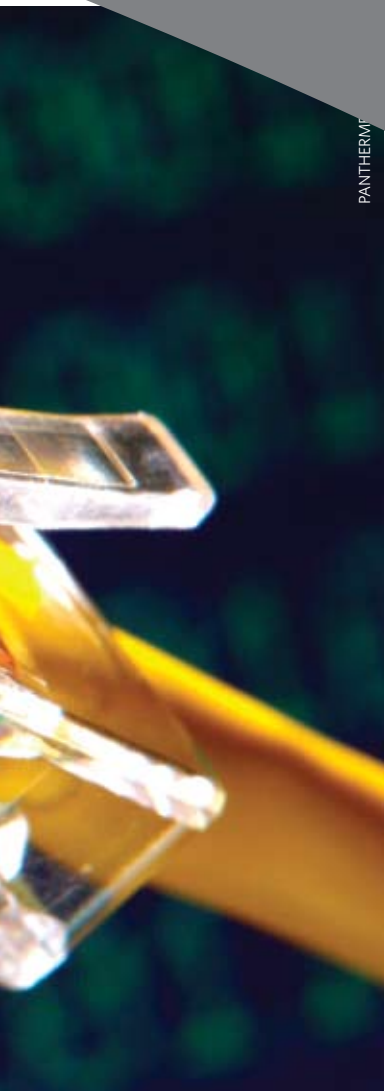
saab järgmise dekaadi suuri-maks moesõnaks – kõik võimsus kolibki serveritesse, kodused ja kontoriarvutid saavad selleks, milleks ennustati neid saavat 2000. aastal ja varemgi – terminalseadmeteks, mis peavad suutma edastada vaid ekraanikuva, heli ja klahvivajutusi.

ANDMESIDE KIIRTEE IGASSE KOJU

Dekaad tagasi tõstatas Soome Tehnilise Kõrgkooli professor Hannu H. Karin idee ühendada kõik kodud internetti püsiühenduse kaudu. See tähendas senise sissehelistamise asemele pürgivat, pidevalt sees olevat andmesideühen-

dust. ADSL üle poole sajandi vanuste vasktraatide tundus kõige paljulubavam kogu maa katmiseks ja 260 krooni kuus mõistlik hind igäihele.

ADSL on küll eelmise sajandi leiutus, kuid selle aastatuhande esimestel aastatel on ta endiselt kaabeltelevisiooni kaabli kõrval üks levinum ko-



PANTHERMEDIA

toimivõime, mis võimaldab kasutada ka Wi-Fi võrgu, pole aga veel tulevikku, pole aga veel Euroopas kuigi levinud. Saavutas 2007. aastal laadimise de hoopis Eesti Energia Kõrg- ja madalvõrgu, mis kasutas ära kümme aastat tagasi vabaks jäänud NMT mobiilivõrgu 450 MHz sagedusala. Madal sagedus levis üle maa, pakkus küll alla megabitist ühendust, kuid korraga said (peaaegu) kõik endale vähemalt lubada püsiühendust ükskõik kus Eestis. Nüüd on sellele järele jõudmas 3G mobiilsidevõrk, mis omakorda kasutab senisest 2,1 gigahertsist madalamat, tavalise GSM-i 900 MHz sagedusala, mis levis maal paremini.

SALVESTIS - POLEGI HOLOGRAMME?

Me võime küll naerda 2000. aastal reklaamitud kõvakettaste mahu ja hinna üle, kuid juba siis räägiti terabaidist kui täiesti käegakatsutavast suurusest. Turule siis äsja tulnud Constellation 3D pakkus uut fluorestsentehnoloogiaga mitmekihilist laserplaati, mis pidi mahutama kuni terabaidi andmeid ühele CD-le. Paraku firma pankrotistus, kuid veel praegu on müügil selle ettevõtte järglase loodud Digital Multi-Layered Diskid, mille tehnoloogia ongi seesama, kuid mis mahutavad



Kui aga vaadata viimase kümne aasta salvestusseadmete evolutsiooni arvutites endis, siis kahtlemata suurim muutus on SSDde ehk väikmälukettade kasutuselevõtt. Need liikuvate osadeta ülikiired kettad on endiselt kallid, kuid on selge, et tulevikus tõrjuvad nad traditsioonilise pöörlevate ketastega magnetilise kõvaketta välja.

duse püsiühenduse liike, sest kasutab juba olemasolevaid kaableid ja uut võrku pole vaja. Kümne aasta jooksul on püsiühenduse kiirus keskmiselt paarkümmend korda suurenenud, ADSLi kõrvale on kodude internetiseerimisel aga alles viimastel aastatel hakanud tullema valguskaabel. 2010. aasta

umise

TELEFONID INTERNETTI

Praegu me räägime mobiiltelefonidega enam kui tavatelefonidega, kuid kümme aastat tagasi pole olnud see veel päris nii. Juba siis räägiti «põlvkonnast» telefonidest, mis ei ole oma funktsionaalsuse ja oma võimalike teenuste poolest üldse loobunud selle seadme ühenduse ruuteri taha, mis on nüüdki lauatelefoni kõne teinud interneti. Rääkimata ettevõtteid, kus päris paljud telefonijahid on juba üle kontori sisevõrgu lauatelefonidega ühenduses sama võrku pidi, kust käib andmesidegi, ning võimaldavad kasutada VoIP-kõnesid mitmes liinas paiknevate harukontorite vahel.



Kui aga vaadata viimase kümne aasta salvestusseadmete evolutsiooni arvutites endis, siis kahtlemata suurim muutus on SSDde ehk väikmälukettade kasutuselevõtt. Need liikuvate osadeta ülikiired kettad on endiselt kallid, kuid on selge, et tulevikus tõrjuvad nad traditsioonilise pöörlevate ketastega magnetilise kõvaketta välja.

Samas pole me kümne aasta jooksul ikka veel jõudnud sinna, kuhu me tahame, et kõik kõned, ka mobiililõned, käiksid üle interneti. Kaua pole enam jäänud oodata – uus, neljanda põlvkonna LTE ehk 4G mobiilsidevõrk enam eraldi kõneteenuseid ei sisaldagi. Siis hakkavad ka mobiililõned käima sama võrku pidi, nagu ka kogu muu andmeside – interneti kaudu.

Seega on viimase kümne aasta olulisim leiutus Belli aegadest pärit telefonisides VoIP ehk kõne edastamine üle interneti. Selle leiutise täielik võidukäik on veel ees.



LOOGIKA RISTSÕNA

Kiire edasliikumise viis		Sõjavägi	Lause lõpp ehk VASTUS												
Kurosawa film	▶	▶													
Esindamata Rahvaste Org.	▶														
Vibupüss	▶														
Kaelaehe	▶														
... Aviv	▶														
Imagiinararv	▶	Esimene	▶	Vald Võrumaal											
Vabadusõja kangelane	▶	▶			Röntgen	Pani pilid ...	Tahtmine elada	Paguluses	Liitium	Malekoeftsient	Inglise jõgi	Norra ralmes	Allmaa-	Ultima Online	Sekund
Rida CVs	▶				▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
Mehe nimi	▶		Soome tuumajaam	▶											Kabe
Lõunamaa	▶		Eesti linn	▶				Pealinn Euroopas Kolmnurkne lipp						Teisipäev	▶
Fotoplaat	▶								Ohtlik viirus	▶				Avar	▶
Lämmastik	▶	Seega								Seleen		Rohkem	▶		
Tulnuka laevad	▶	▶			Fantastikafänn	▶									
Viljahakk	▶				Kurjategija	▶	Võrguprotokoll	▶			Above Ground Level			Aasta	▶
Räppar Dr. ...	▶				Sots-revolutsionäär	▶						Teine	▶	Järjest tähed	
Tänav	▶				Arvuti-asjandus	▶						Esimesed tähed	▶		Eesti Kontsert
Visandid	▶							Pastavorm	▶						▶
										Kesk-Aasia elanik	▶				



RISTSÕNA: ARKO OLESK, FOTO: PANTHERMEDIA/SCANPIX

Rula liigub tänaval elektri vael
Disainitud ja tootetud Eesti Ühiskoolide ja Ühiskoolide Keskuse poolt. Kirjaga kuni 25. juunini.

TARKADE KLUBI
OKTOBER 2010

Milmine võib välja tuleviku muut?

Pakub teile järele on imelikus

Võidate kõik Kinnis või Määrata

Doping ajule

Ajalugu allveesõitjate Kurak hokkumise sõltumise oluliseks vandenõuhoovust

100% puhtalt

Sõnad läksid risti

Ristsõna vastuseid ootame 31. jaanuariks kas e-posti aadressil vastus@t-klubi.ee või postiaadressil Tarkade Klubi, OÜ Presshouse, Liimi 1, Tallinn 10621. Õigesti vastajate vahel loosime välja ühe Tarkade Klubi aastatellimuse.

Head ajakirjad hea hinnaga



otsekorraldusega 38,00
2,24 €



otsekorraldusega 20,00
2,11 €



otsekorraldusega 89,00
2,77 €



otsekorraldusega 39,00
2,49 €



otsekorraldusega 44,00
2,81 €



otsekorraldusega 24,90
1,59 €



otsekorraldusega 35,00
2,24 €



otsekorraldusega 35,00
2,24 €

telli.ee

HEAD AJAKIRJAD
HEA HINNAGA



Tarkade Klubi jagab kingitusi!



Parimale Eesti teadusajakirjale lisaks saavad Tarkade Klubi tellijad järgmisel aastal kolm suurepärast kingitust:

Teaduskeskuse AHHA
pääsme, hind tellijale
tavahind: 80.-

0.-

Raivo Heina astrofotode
raamatu, hind tellijale
tavahind: 249.-

0.-

Uutele tellijatele CD ilmunud
numbritega, hind tellijale
tavahind: 299.-

0.-

Vaata lähemalt
www.telli.ee

Kingituste
väärts
608.-



Tarkade Klubi tellimiseks
on kolm lihtsat viisi:

Mine aadressile www.telli.ee

Helista numbril 660 9797

Saada e-kiri aadressil levi@presshouse.ee

telli.ee
EESTI AKADEEMIA
KIRJANDUS
KESKUS

