



Whatever version of the future you imagine, there are a few accelerating trends in society which are likely to have an impact on educational change. The first is the trend towards individualisation, in which education will be customised to meet your needs as a parent or learner and be accompanied by technologies which make it possible to match needs and provision better. A second trend is towards greater complexity, both in the modes of communication and in society. The child today has great choice about how to spend his/her time and life – whether to do good or to do very little. A third trend is towards further rapid advances in scientific and technological knowledge in the biological, neurological and physical revolutions this century. In teaching young people, we have a great responsibility to help them take part by understanding the science in progress and by understanding the ramifications, practical and ethical, of each advance in science and technology. Finally, the potential exists, in our fast-moving world, not just for countries or people to be drawn into conflict, but also for individuals to become more distanced from each other and for our established institutions – notably the family – to be fractured further.

I question our current notions for the design of schools and the curriculum, and the kinds of learning styles used by learners

I have a dream

a brave vision of a (near) future school without walls 'immersed' in the structure and life of the local community

Teachers, librarians, technicians and other learning support staff would be required within the identifiable 'school' sections of the Park, as well as within facilities such as the library or other training centres. The school would be the key information, training and learning resource for the whole of the 'park'. The kinds of patterns of learning that would be possible, given the investment in personal access to information and communication technology at home and within school, would mean a much closer match between the learners' needs and interests and the learning experience and resources available to support learning.

Future society will have the capacity, more than ever before, either to liberate or to confuse its citizens – probably to do both. Unquestionably, those who struggle with and resist and deny change will find life even more difficult. Those who embrace change may find living more dangerous than ever, as contrasting changes will come thick and fast, leading first one way and then another. This is why we must continue to strike a balance between embracing change and holding on to what we know has worked well. Central to the classroom of the future must be to give young people a sense of purpose and a set of values that will transcend the immediate environment. In my classroom of the future, the learner will still benefit by feeling, as well as seeing, the enthusiasm of the individual teacher. The young person at school should learn by depending on others and by being led by them; they should also learn by being an author and a leader for themselves, constructing and reconstructing understanding over time. Education will still be fundamentally about an interaction between people, as well as about knowledge, understanding and ideas **1**.

Kevin Champion is Headteacher at the British International School, Belgrade. kevinchampion@hotmail.com

Kevin Champion on sci-tech education in the future

What knowledge and 'skills infrastructure' will be required by 2015? The impact of the new technologies means that people will increasingly need to know how to access, retrieve, handle and evaluate a diverse range of information, in a myriad of forms. They will need to possess a repertoire of social, interactive and communicative skills in order to make sense of and use such knowledge. Such a shift in emphasis from the acquisition of knowledge to its manipulation has profound implications for the teacher's traditional role and the setting in which 'formal' education takes place.

Information technology has been mainly presented and promoted as just another classroom tool - like the pencil, pen or book. The areas that have the greatest potential for exploiting the learners' capacity to develop power and control over their own learning processes are those which enable lateral thinking. The importance of language and thinking-based competencies is likely to increase, as the demand for creative and sophisticated responses and activity, in an essentially market-driven economy, increases. It is not just a highly skilled, ICT-literate population that will be required in the future but individuals who are able to use technology to extend and enhance creativity in order to produce effective solutions and outcomes to complex industrial, social or political problems. Schools should therefore be more concerned with making the processes of learning, thinking and decision-making explicit to students, rather than with the transmission of arbitrarily selected knowledge. Giving students 'direct' access to potentially vast arrays of knowledge and learning resources digitally stored in databases throughout the World Wide Web and to appropriate expert systems to enable the learner to access and use the knowledge, as well as to assess their own learning and progress, is raising a series of implications for the traditional nature of teaching and learning and the design of schools and classrooms from Serbia to the Sudan.

Learning organisations should begin with the question "whom and what resources will learners need contact with in order to learn?" We can then begin to construct a model of a school which aims to maximise opportunities for interaction between people and resources for learning, including information. Future schools will need to provide a different blend of spaces. Whilst the learner's access to information and learning systems becomes progressively under their own control, the need for interaction with tutors and peers working and learning in virtual and face-to-face interaction will increase. Schools of the future will need a mix of room facilities to enable

based applications might well be a part of the Park's overall resources. The Park would include other community resources, such as a library, health centre, shops and sports and leisure facilities; a village with a focus on education, development and lifelong learning at the hub.

schools may need to be more than a collection of buildings in a single location [...] learners will need greater opportunities for seminar-based tutorials plus extended opportunities for individual work, supported through interactive technology-based systems [...] they need access to other kinds of facilities...

An expanding distance between modern science and technology and a common life, and increasing fragmentation and specialization within science and humanities, reactualizes the role of philosophy. Philosophy must not be aside from science reserving its role and responsibility just for comments and criticism; it must take an active part in dynamic process of scientific research. This is the core idea of short essay by **Zlatko Papi** ("A Lost Science") who compares here the position and relation between philosophy and science in different times – from ancient Greece, Galilean time, an up to time of Newton and Leibnitz, and Hegel's Phylisophy of Nature. He pointed that "in case of relation between Science and Philosophy, there is a clear answer: there must be no barrier between them in the same way as there must be no barrier between philosophy and human life n

Kevin Champion, direktor Britanske Me|unarodne gimnazije u Beogradu izla|e zanimljiv model {kole sa programskim te|i{tem na nau-nom i tehnolo{kom znanju locirane u relativno blisku budu}nost. On se opredeljuje za {kolu koja pokriva visok uzrasni raspon (od po-etka osnovne do kraja srednje {kole) i koja je duboko integrisana u lokalno okru`enja. U formi specifi-nog 'obrazovnog parka', {kola najmanje li-i na sada{nje ustanove gde su u-enici vezani za jedan objekat. Ovde, oni pose}uju razli-ite specijalizovane institucije koje postoje u lokalnoj zajednici i tamo sti-u deo znanja i iskustava. Deo parka su sadr`aji namenjeni lokalnoj zajednici kao {to su zdravstvene ustanove, biblioteka, zabavni i sportski sadr`aji. Ovde su svi oni i u funkciji nastave, jer je bolje i racionalnije da se znanje {iri tamo gde se primenjuje ili stvara. Autor je ovaj model zasnovao na racionalnoj analizi rastu}ih zahteva savremenog nau-nog i tehnolo{kog znanja koje se te{ko vi{e mo`e sticati samo u jednom objektu koje nau-ne i tehnolo{ke procese jednostavno simulira n

Filozofija i nauka danas su veoma zbunjuju}e stvari. Obe se bave krajnje tehni-kim i ezoteri-nim stvarima koje mogu da razumeju samo malobrojni posve}eni. Problemi kojima se bave -ine se sve udaljenijim od nekog op{teg interesa, recimo pobolj{anja `ivota -ove-anstva. I vi{e od toga, ponekad se ova distanca izri-ito i ponosno isti-e. Ovo je daleko od ideala koji i dalje `ivi u glavama nekih od nas, o vremenu kada jaz izme|u nauke i filozofije nije postojao ili barem kada je svaka od strana provalije bila bliska `ivotnosti ljudskog mi{ljenja. Notorna sintagma "ne volim da filozofiram" i to koliko se zapanjuju}e -esto ona -uje na dana{njim univerzitetima, tu`na je slika ovog reza. Sa jedne strane, ona `eli da iska`e verovanje da je filozofija subjektivna stvar iznad realnih zahteva nau-nosti. Sa druge, ona zapravo vi{e govori o samoj nauci nego o filozofiji, o gubljenju jedne ideje o celini ljudske misli. Me|utim, filozofija

Dalje, Galileo stupa u intelektualnu konfrontaciju sa u-enikom Muciusom, okru`en preostalim u-enicima koji ne znaju kojoj strani da se priklone. Poput pasa, oni ne -uvaju samo gospodara, ve} `ele da budu nahranjeni i zabavljeni i Galileo pribegava trikovima kako bi suzbio njihovo nezadovoljstvo (trikovi su u stvari va`ni eksperimenti, puni ideja i izvedeni sa elegancijom i lako}om). Ipak, uloga ovih trikova gotovo da postaje `elja da se dominira, ne pomo}u fizi-ke snage, ne strahom, ve} mnogo suptilnijom mo}i istine. Tako se ovaj komad zavr{ava time {to istra`ivanje prestaje da biva -isto kontemplativan proces, ono postaje deo fizi-kog sveta. Me|utim, uprkos spektakularnim rezultatima, istra`ivanje i dalje ostaje posve}ena tajna profesionalaca.

Sli-no zatvaranje mo`e se uo-iti i u filozofiji. Rani Platon, na primer, govori o ve{tini pisanja (Fedar), upotrebi dijaloga, -esto menja stil, uporno odbija da biva -isto kontemplativan i precizan jezik (Teetet), i naravno pribegava jeziku mita – sve ovo -ini da izbegne "zamku" intelektualizma. Drugi nakon njega su vrlo brzo digli ruke od nepreciznog jezika mita i dijalo{ke forme, uvode}i suvoparnu tehni-ku terminologiju.

Nau-na revolucija 16. i 17. veka ne pati od ovakve specijalizacije. Ovo je herojsko doba filozofije nauke, koja se nije zadovoljila da samo reflektuje nauku, ve} je aktivno u-estvovala u njenom izgradnji, brane}i je od otpora i obja{njavaju}i njene rezultate. Skoro svako delo Galileja – pravog Galileja, a ne Brehtove imaginacije – me{avina je filozofskih, matemati-kih, fizi-kih i psiholo{kih ideja koje koegzistiraju u harmoniji. Njutn i Lajbnic su tako|e dvojica velikih polihistora koji su aktivno u-estovali na frontu svakolikih istra`ivanja svog doba. Nasuprot njima, ve} oko 1800. godine, ideja o jednoj univerzalnoj nauci pod okriljem filozofije bila je mogu}a isklju-ivo kao sinteza filozofske misli {to kul-

Zlatko Papi
o razliku nauke i filozofije i o smislu njihovog (ponovnog) zivanja

ativnim uvidima.

Nauka i filozofija su tvorevine starih Grka i predstavljaju samo dva lica teorijskog znanja. Put kojim su se one uzdigle je put neobuzdanosti `elje za znanjem. Ovim putem je prvo pro{la filozofija, odnosno metafizika (tzv. prva nauka), dok ono {to danas zovemo naukom ve}im delom ne bi bilo ni uzeto u obzir u gr-koj upotrebi te re-i. Izraz iskustvene nauke "gr-ko uhu zvu-i kao drveno gro`e". Ono {to odgovara na{em uobi-ajenom pojmu nauke oni bi najpre razumeli kao znanje na osnovu kog

izgubljena nauka

postaje mogu}e proizvo|enje: to su zvali *poietike episteme* ili *tehne*. Slika kojom smo u{li u XXI vek je druga-ija: na horizontu u izmaglici se nazire filozofija kao preostatak onoga deklarisanog kao prirodne ili dru{tvene nauke, kao izmaglica koja tek poslednjih decenija poku{ava da se razlije preko polja nauka kroz oblasti poput kognitivnih nauka.

Fajerabend ukazuje na scene u Brehtovom `ivotu Galileja u kojima se Galilej pojavljuje kao pravi anti-heroj za modernu nauku: on je virilan, senzualan, brzoplet, agresivan, ekstremno znati`eljan, skoro voajer, i pravi showman. Kako se zavesa podi`e, vidimo ga polugolog kako u`iva u jutarnjem kupanju, doru-ku, astronomskoj diskusiji - i sve u isto vreme. Razmi{ljanje je za njega radosna i libidозна aktivnost. U prvoj sceni, on obja{njava de-aku Andrei relativnost kretanja. U odre|enom trenutku, Galileo napu{ta de-aka, ostavljaju}i ga sa svojim mislima - uprkos de-akovoj mladosti i neznanju, on ga tretira sebi jednakim. Poznanstvo prerasta u saradnju, kao rezultat prijateljstva okorelog nau-nika i pametnog, ljubopitljivog de-aka. Nau-na misao, prema Brehtu, napu{ta univerzitet i manastire i postaje deo svakodnevnog `ivota.

Ipak, cela pri-a nije ovako romanti-na. Na primer, Galileo je veoma sklon upotrebi odre|enih fraza i gestova koje samouvereno i nametljivo koristi. Andrea ih ponavlja, iako sa manje ma{te i mnogo vi{e rigidnosti. {to ga -ini na kraju unekoliko neinteligentnim puritancem koji poseduje znanje ali je ono neupotrebljivo. Svrha tog znanja je da se prenese i sa-uva, a ne kriti-ki preispita. Ova impotentnost je, na`alost, ne{to {to najvi{e u-imo na na{im fakultetima.

broj planeta u Sun-evom sistemu zaklju-en, iznetom samo par meseci pre otkri}a Neptuna. Tako 19. vek postaje vek nauke, stalnog "samoprevazilaze}eg napretka i bezgrani-nih o-ekivanja". Slede}i vek doneo je, izme|u ostalog, institucionalizaciju nauke kroz titulu nau-nog eksperta, {to je na nauku bacilo odgovornost i jasno artikulisalo stav da su saznanja uvek samo delimi-na, privremena i da brzo bivaju prevazi}ena, te da nauka ne mo`e snositi odgovornost koju politi-ko dru{tvo `eli da na nju prebaci.

Ipak, [elingova i Hegelova filozofija prirode i dalje blistaju odre|enim svetlom. One svedo-e o lepoti i nenaru{enoj jedinstvenosti `elje za znanjem. Metodska zamisao dana{nje nauke ne mo`e da zadovolji onu krajnju potrebu uma da o-uva jedinstvo u celini bivstvuju}eg. Sjedinjavanje znanja u ovom slu-aju biva prepu{teno filozofiji, sa sve ve}im podozrenjem. Uprkos nesavladivoj partikularnosti znanja, -ini se da je -ove-anstvo ipak spremno da se zadovolji napretkom i ovladavanjem prirodom. Tehnika manipuli{e ljudskim `ivotima, formira javno mnjenje, uti-e na `ivot pojedinca i na raspodelu na{eg vremena. Ne znam odgovor na ove izazove, ali u slu-aju odnosa nauke i filozofije odgovor je jasan: ne sme da postoji granica izme|u njih, kao {to ne sme da postoji granica izme|u filozofije i ljudskog `ivota. Filozofija ne sme da stoji po strani i komentari{e, ve} mora da u-estvuje u nau-nom procesu. Samo tako mo`emo dosegnuti onu veli-anstvenu ideju o mudrosti kao razgovoru du{e sa samom sobom, po kojoj mi{ljenje mo`e da se ostvari jedino u beskona-nom samorazumevanju ■



Geolog pomno ispituje neku stenu i u tom mu pri|e jedan seljak i samouvereno re-e:

- Siguran sam da ne znate da je ta stena stara milion i deset godina?

- Zaista ne znam, odgovara geolog, a otkud vi to znate?

- Jednostavno, re-e seljak, pre deset godina je istu tu stenu ispitivao jedan va{ kolega i on mi onda re-e da je stena stara milion godina.

Brojaje, kao i sama ideja o broju, spadaju me|u najstarije apstrakcije kojima je Homo sapiens ovladao. Ispo-etka, naravno, u tako rudimentarnoj formi da nam je danas te{ko da poverujemo kako stanovnici anti-ke Gr-ke nisu imali posebne oznake za cifre, kako se tek u ~etvrtom veku p.n.e. iskristalisala potreba za definisanjem broja jedan , a kako je, recimo, nula kao broj uvedena tek hiljadu godina kasnije. Fascinantno je da su nauka, tehnologija, ekonomija, pa i politika, ne samo opstajale, nego i rapidno napredovale u starom veku a da nije bilo preke potrebe za definisanjem broja i uvo|enjem oznaka kakve su rimske ili arapske. Ideja o broju je, o-igledno, tako jaka da joj formalni okvir dugo vremena nije potreban. Pastiri starog veka su ta-no znali koliko ovaca imaju, a da nisu morali tom broju da daju ime i odgovaraju|i simbol. Danas je situacija druga-ija – navukli smo se na brojeve.

Za razliku od starog, u ovom naj-novijem veku brojke su svuda oko nas, mada se sti-e utisak da malo slabije kapiramo {ta nam one zaista zna-e. Sa brojem ovaca je lako, sada su brojevi jednostavno utkani u sve ono sa -im se susre}emo u na{im urbanim ivotima po-ev{i od -arapa broj 12, kamate od 9.5%, 32°C u hladu, rezultata 81:79 (34:37), serijskih brojeva i JMBG-a sve do no}ne more poznate kao godi{nji finansijski izve{taj. Digitalna kultura svemu pridru`uje brojeve. Da li mi znamo {ta zna-e svi ti brojevi? Naravno da ne znamo. Pravo pitanje je, me|utim, da li uop{e znamo kako se brojevi koriste i {ta zapravo zna-e?

Dok god su brojevi samo kodovi, nerazumevanje njihove prirode je prili-no bezazleno. Nije me briga {ta su pojedina-ne cifre u ISBN broju ako dobijem onu knjigu koju sam i tra`io. Bitno je da onaj ko takav broj daje zna {ta su pojedina-ne cifre i da Dostojevski zavr{i na polici sa ruskim klasicima, a ne u odeljku za lov i ribolov. Mi koji u procesu klasifikacije i sortiranja ne u-estvujemo, jednostavno }emo iskopirati broj a da ga i ne pogledamo. Za takvo kodiranje je najbitnije da bude jedinstveno, ostalo nas nije briga. Ovaj kod prenosi samo jednu informaciju - koja je to knjiga u pitanju.

Od brojeva se, me|utim, -esto o-ekuje da prenesu i vi{e informacija. Kakva je, recimo, razlika izme|u podatka da je na jednoj utakmici bilo prisutno 55000, a na drugoj 54787 gledalaca? Osim samog broja, novinar koji je saop{tio te brojke nam, tako |e, govori i da u prvom slu-aju, nejverovatnije, imamo procenu broja gledalaca dok u drugom postoji neki mehanizam da se svaki pojedina-ni gledalac prebroji. Da su svi prebrojani i u prvom slu-aju, novinar bi, verovatno, rekao da ih je bilo ta-no 55000. Iako je ta-nost brojeva ovog tipa manje kriti-na nego kod ISBN-a, i ovde postoje precizno definisana pravila po kojima informacije preta-emo u brojeve. Numeri-ka pismenost se ogleda u doslednoj primeni svih tih pravila.

Tre}a bitna kategorija brojeva sa kojim se svaki dan susre}emo su mere. Korektna upotreba ovih brojeva, nesumnjivo, zahteva ne samo du`no po{tovanje prema broju ve} i odre|enu dozu nau-ne pismenosti. Kad pored broja stoji i jedinica mere onda njegovo pisanje i -itanje podrazumevaju da imamo osnovnu predstavu o tome kako se ta vrednost meri i {ta predstavlja u realnom svetu. Meni li-no nepismenost ove vrste najvi{e ide na `ivce. Iznerviram se svaki put kad na kraju ko{arka{ke utakmice dok na semaforu pi{e 0.7 -ujem: "Jo{ samo sedam stotinki do kraja, ali sasvim dovoljno da uputi {ut na ko{." Zar je mogu}e da neko komentari{e prenos za par miliona gledalaca a da ne zna razliku

izme|u stotinki i desetinki? Sportski komentator bi, recimo, trebalo da zna da je Morisu Grinu kao svetskom rekorderu na sto metara potrebno 13-15 stotinki samo da reaguje na pucanj startera i po-ne da se odlepljuje od startnog bloka. Nije li onda uvreda i za gledaoaca i za sve one koji se zaista bore sa stotinkama re}i kako je sedam stotinki dovoljno vremena za prihvatanje lopte, okret na jednoj nozi, skok i {ut? Mada te{ko, ovo se za sedam desetinki zaista mo`e izvesti.

Sve tri pomenute kategorije brojeva uglavnom predstavljaju samo sirove podatke i kao takvi ne mogu da nam smetaju iznad nivoa uobi-ajenog nerviranja. Problem je sa podacima koji se dobijaju posredno na osnovu onih sirovih. Svaka procena sama po sebi unosi neku gre{ku, a kad se bazira na nepouzdanim ili lo{e protuma-enim podacima, gre{ka odjednom naraste i tu ne poma`e nikakva naknadna obrada rezultata. Osnovno pravilo numeri-ke pismenosti je ujedno i najjednostavnije - brojeve nikada ne smemo uzimati zdravo za gotovo. Klasi-an primer neodgovornog kori{enja brojeva je sudbina ameri-ke sonde Mars Climate Orbiter. Ona je, mo`da se se}ate, u septembru 1999. u spektakularno izgorela prolaze|i kroz Marsovu atmosferu. Razlog je bio sasvim trivijalan - neko je u NASA zaboravio da in-e konvertuje u centimetre! Istini za volju, gre{ke u procenama i prora-unima ne moraju uvek da budu lo{e; neki ljudi od tih "gre{aka" ba{ lepo `ive.

Eto, na primer gra|evinski preduzima-i. :)

Kada su ljudi od nauke u pitanju, numeri-ka pismenost ima mnogo vi{e standarde. Pod pla{tom numerike se ne kriju samo brojevi ve} i skupovi, nizovi, matrice, funkcije, raspodele itd. i sve to valja interpretirati na {to korektniji na-in. [tavi{e, svaki

pojedina-ni broj u tim strukturama mora da ima pridru`enu gre{ku koja je ovde va`na isto koliko i sam rezultat. Najbitnije je da onaj ko pi{e nau-ni rad u okviru tih nekoliko strana koje su mu date na raspolaganje prenese {to vi{e nau-no relevantnih informacija, a da pri tome

brojeve nikada ne smemo uzimati zdravo za gotovo

ne ostavi mogu}nost da bilo koja od njih bude pogre{no interpretirana. Naravno, sve to pod uslovom da je onaj ko -ita rad numeri-ki pismen. Rad sa mno{tvom podataka zahteva kriti-nost i selektivnost u izboru onoga {to }emo staviti na papir. Podaci se sastoje, naravno, od brojeva za koje moramo gajiti odre|eni respekt i koje nikada ne treba obradivati slo`enim numeri-kim procedurama koje ne razumemo u potpunosti.

va`no je da onaj ko pi{e nau-ni rad na raspolaganje -itaocima prenese {to vi{e nau-no relevantnih informacija, a da pri tome ne ostavi mogu}nost da bilo koja od njih bude pogre{no interpretirana

Analiza podataka, na`alost, podrazumeva i neke ve{tine koje se grani-e sa crnom magijom - statisti-ke metode. Van svake sumnje, one predstavljaju mo}nu alatku,

ali isto tako treba imati u vidu i da ni{ta ne mo`e tako dobro da upropasti va{e rezultate kao statistika. Ruku na srce, ona je svojevrnsi analiti-ki tamni vilajet za koji se te{ko mo`e re}i da je grana matematike, a grana nauke definitivno nije.

Lo{e interpretirani brojevi sami po sebi nisu opasni, opasno je {to se na osnovu njih donose odluke. Lekari odlu-uju na osnovu brojeva koje donesete od nekog specijaliste, dok politi-ari odlu-uju na osnovu gomile podataka koji predstavljaju profil javnog mnjenja. ^ak je i jedna tako zna-ajna odluka kao {to je datum po-etka invazije na Normandiju u potpunosti zavisila od meteorolo{kih izve{taja koje je tih dana dobijao Dvajt Ajzenhauer. Bilo kako bilo, alternative nema. Ako i{ta znamo o nekom sistemu, onda smo u stanju da ga opi{emo brojevima. Onda je na -oveku, ili ponegde ra-unaru, da donese odluku. Ostaje nam da se nadamo da su svi igra-i u lancu svesni informacija koje primaju i prenose drugima ■

Sr|an o nau-ne

Verbi} problemu pismenosti

tema: nau-na (ne)pismenost

numeri-ka pismenost

[inside] scientific literacy

Similarly to the famous educational TV series, Sesame Street, almanac Petnica is also trying to acquaint its young audience with some new and odd words. This time we have **Numeracy and Econophysics** on the menu.

Communication between members of human race evolved through thousands of years of practicing and ever-changing means of communication. Consequently, there are a lot of rules concerning good manners in talking, writing or making a telephone call. However, data oriented communication meets yet another difficulty - the lack of writers elemental numeracy. Important question is how to make the text, i.e. author-consumer channel more efficient without making excessively mathematized or awkward sentences. Newspaper articles, for instance, should be written to be readable and with a certain style, but also without unnecessary loss of information content. For something like that, the writer should be not only literate but numerate also.

In the article "Numeracy" **Srdjan Verbić** emphasizes the problem of this numerical analogue of literacy, especially in its scientific variant. No doubt, numeracy, as well as literacy, impose a lot of rules. The first and the most important one is "numbers are to be treated with considerable respect, neither to be tampered with, nor subjected to a numerical process whose character you do not completely understand".

Miloš Božović, PhD student at Department of Economics and Business of Universitat Pompeu Fabra in Barcelona, in the short essay "Econophysics" explains why is economics so attractive for physicists today. There are two main reasons for this unusual interest. The first is remarkable similarity between phenomenological thermodynamics and statistical physics with macro, i.e. microeconomy. The second reason is more prosaic, research in this area is definitely better paid.

For a physicist (just as well as mathematician or an engineer) economy is only a laboratory that in a strange, highly nonlinear way produces a heap of new data that waits to be studied and analyzed by sharp naturalist's eye n

Ekonofizika je sigurno najmlađa grana moderne nauke, a obuhvata primenu metoda razvijenih u fizici (pre svega u statističkoj fizici) na proučavanje finansijskih tržišta. Koliko je oblast sveža i -injenica da re- *econophysics*, koja se ve- godina koristi u publikacijama, još uvek ne postoji u Websterovom re-niku.

Odakle potiče ova nesvakidašnja ideja i zašto se fizičari od svih oblasti ekonomije najbolje snalaze baš u finansijama? Da bismo odgovorili na ovo pitanje moramo imati u vidu nekoliko -injenica. Najgrublja

zajmica, obveznica, kredita, futures-ugovora i sl. pomaže da viškovi dobara jednih pokriju nedostatke dobara kod drugih. Specifičnosti finansijskih tržišta, kao što je empirijska -injenica da cene akcija na berzama slede geometrijsko Brownovo kretanje, -ine metode razvijene u fizici veoma po-eljnim. Uz nove alatke statističke fizike, kao što je skorašnji prodor u shvatanju i opisivanju haotičnih sistema, prirodno je očekivati da će takvi i slični rezultati veoma brzo prepoznati finansijska tržišta kao plodno tle za testiranje modela. (Kao ilustraciju treba na umu imati da jedna godina trgovine na berzama i tržišta hartija od vrednosti stvori oko 18 GB podataka, tako da ne treba previše brinuti oko materijala za analizu.) Velike konsultantske kompanije u USA i Ev-

ropi teže da bolje shvate eventualne zakonitosti tržišta i tako svojim klijentima (to su -esto investicione banke i fondovi, a nekad i vlade pojedinih država) daju maksimalno precizne prognoze i savete za buduće investicije. Na mnoga od pitanja koja nastaju u vezi sa shvatanjem ovih zakonitosti nije moguće odgovoriti korišćenjem konvencionalnih ekonomskih principa. Na primer, da li cene na finansijskim tržištima imaju potpuno slučajna kretanja (da li slede *pure random walk*) ili ipak postoji neka ne toliko o-igledna zakonitost? Postoje li neki trendovi koje je moguće uočiti na duge staze (kao što je to slučaj u makroekonomskim podacima gde se uočavaju jasne i predvidive tendencije ranija u, recimo, bruto nacionalnim dohocima, što je prvi opisao Robert M. Solow)? Da li su veliki udari na berzama neizbežni? Takva pitanja zahtevaju pre poznavanje fizike neuronskih sistema nego klasične ekonomije zbog veoma kompleksnih interakcija koje dovode do onoga što se vidi u stvarnosti.

Kao rezultat svega navedenog imamo dramatičnu -injenicu da gotovo 70% američkih fizičara danas posao nalazi u finansijama ili srodnim oblastima. Sa jedne strane, potražnja za njihovim znanjem, kvalitetom obrazovanja i specifičnim treningom razmišljanja je velika. Sa druge, moderna fizika je postala prava interdisciplinarna nauka koja se zbog svoje nezaobilazne metodološke superiornosti veoma brzo širi ali i sve više fokusira na biologiju, nanoinženjering i -odnedavno - ekonomiju, dajući ovim naukama kao specifičnu notu neodoljivu kombinaciju teorije i intuicije n

Najiscrpnija i najsystematičnija arhiva radova iz ekonofizike je *Econophysics Forum* Univerziteta u Fribourgu (<http://www.unifr.ch/econophysics/>). Takođe, vodeći -asopisi u svojim sekcijama posvećenim matematičkoj fizici redovno objavljuju radove na vrhu teme iz ekonomije (videti, na primer, novije brojeve -asopisa *Nature*, *Physical Review E*, *Physica A*, itd.). Na kraju, značajan izvor publikacija je i opšta arhiva radova iz fizike Los Alamos Nacionalne Laboratorije (<http://xxx.lanl.gov>)

Miloš Božović je angažovan na Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona

Miloš Božović o procesu sin-teze fizike i ekonomije

miju. Ekonometrija je tehnički aparat obrade ekonomskih podataka, zasnovan na teoriji verovatnoće i statistici; u fizici bi odgovarala obradi eksperimentalnih rezultata. Mikroekonomija polazi od individualnih potrošača i proizvođača (firme) koji maksimizuju svoje preference i profite, respektivno. Rigorozna matematička postavka mikroekonomije kulminirala je prilikom apstraktnom *teorijom generalnog ekvilibrijuma*, za koju su Kenneth Arrow i Gerard Debreu dobili Nobelovu nagradu 1972. godine. Osnovni rezultat ove teorije je da kada se svi u ekonomiji ponašaju optimalno, cene se podesiti tako da se ponuda i potražnja izjednače, što dovodi u agregatu do ravnoteže na tržištima. U fizici je ova teorija analogna (kvantnoj) statističkoj fizici, koja polazi od zakona kretanja pojedinačnih -estica, a kao rezultat ima da na makroskopskom nivou gotovo savršeno reprodukuje rezultate termodinamike, koja takođe ima ekvilibrijum kao osnovni koncept (pomoću koga se, na primer, definiše temperatura). Termodinamika je, dakle, analogon makroekonomije, oblasti koja proučava ekonomiju agregata individualaca i/ili firme (na primer, jedne države) kao celinu.

Prirodno je zapitati se postoji li u ekonomskoj nauci tako efekatan prelaz sa mikro nivoa na makro nivo kao što je to slučaj u fizici? Odgovor je: delimično. Razloge za to ne treba tražiti u eventualno pogrešnim ekonomskim teorijama, već u relativno skorijem datumu početka razvoja potpuno mikroekonomski zasnovanih makro-modela, koji je usledio osamdesetih godina dvadesetog veka kao posledica -uvene Lucasove kritike. Ne treba zaboraviti da je i u fizici najpre nastala termodinamika kao generalizacija eksperimentalnih rezultata dobijenih do sredine devetnaestog veka, pa su tek potom J. C. Maxwell, L. Boltzmann, J. W. Gibbs i drugi postavili temelje mikroskopski zasnovanoj statističkoj fizici, -iji je termodinamika samo granični slučaj velikog broja -estica. Slična situacija je bila i u ekonomiji - makroekonomija je do skora bila samo poluempirijska teorija.

Sada možemo dati odgovor na pitanje sa početka. I individualci i države imaju jedan zajednički problem: u svakom trenutku moraju imati dovoljno sredstava da zadovolje svoje potrebe. Instrument koji ovo omogućava je finansijsko tržište koje pomaže po-

ekonofizika

ko bi rekao da se fizičari sjajno snalaze upravo u finansijama?