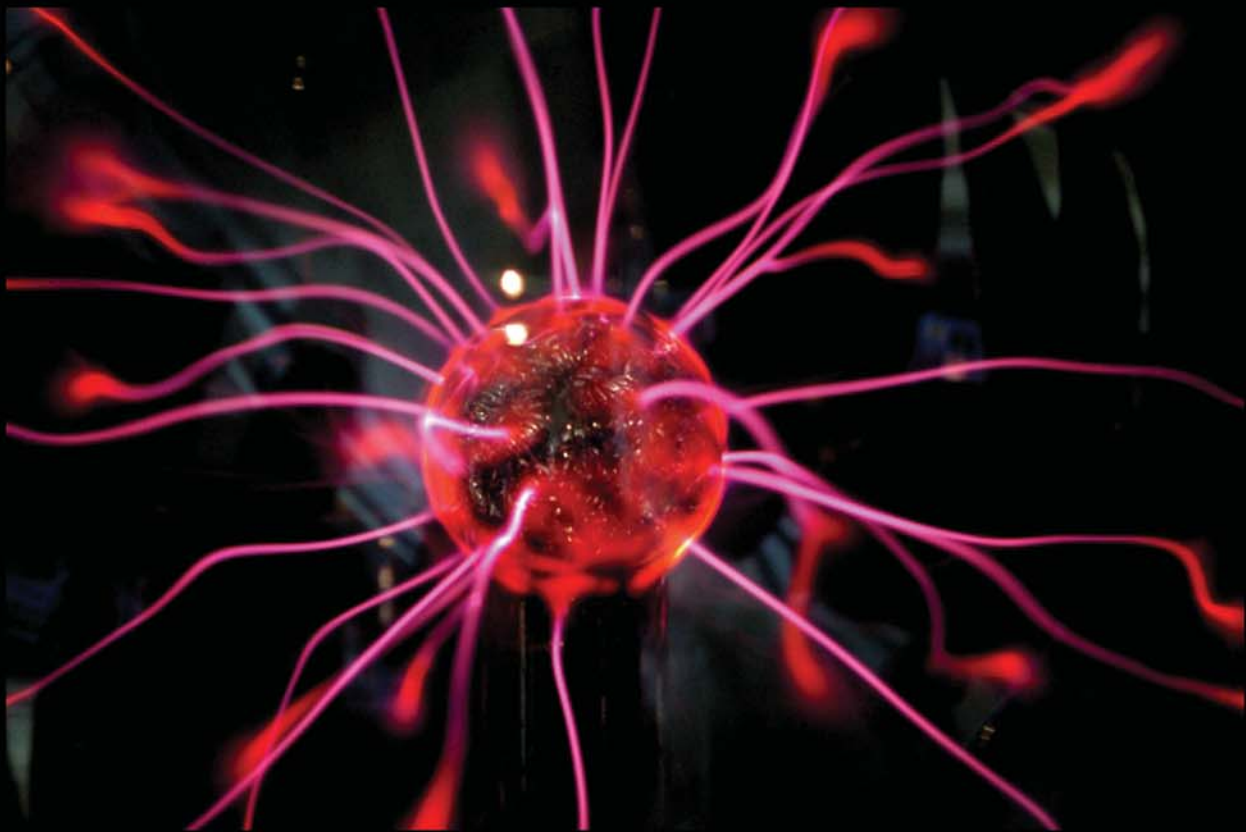


# **NOVICE IJS**

Interno glasilo Instituta "Jožef Stefan"

Številka 118, april 2005



*Rokopisi v predalu strohnijo ali pa  
dozorijo.*

**(ELNER)**

*13. Dnevi Jožefa Stefana ~  
Stabilnost kvantne dinamike ~*

*Fuzija—Energijski vir prihodnosti  
Iskanje signalov nove fizike*

## KAZALO

<b>13. Dnevi Jožefa Stefana</b> .....	<b>3</b>
"ITER" v Sloveniji.....	<b>3</b>
Govor dr. Janeza Potočnika na odprtju razstave o fuziji.....	<b>5</b>
Govor direktorja IJS prof. Vita Turka na odprtju razstave o fuziji.....	<b>9</b>
Slovenska fuzijska asociacija.....	<b>11</b>
Odprtje razstave Milene Usenik.....	<b>14</b>
Predavanji prof. Janeza Strnada in prof. Marka Mikuža.....	<b>16</b>
Podelitev priznanj zlati znak Jožefa Stefana.....	<b>17</b>
Govor dr. Francija Demšarja na podelitvi priznanj zlati znak Jožefa Stefana.....	<b>17</b>
Utemeljitev zlatih znakov.....	<b>20</b>
Dan odprtih vrat IJS.....	<b>22</b>
Odkritje spomenika Milanu Osredkarju.....	<b>23</b>
Govor direktorja IJS ob odkritju.....	<b>23</b>
Govor akad. Gabrijela Kernela ob odkritju.....	<b>25</b>
Podelitev priznanj mladim raziskovalcem.....	<b>26</b>
<b>Sporočili so nam</b> .....	<b>27</b>
<b>Prispevki</b> .....	<b>27</b>
Stabilnost kvantne dinamike.....	<b>27</b>
Iskanje signalov nove fizike.....	<b>31</b>
Fuzija - Energijski vir prihodnosti.....	<b>36</b>
Poročilo s tehničnega srečanja Agentlink3 2005.....	<b>41</b>
<b>Obiski na IJS</b> .....	<b>42</b>
Obiski po odsekih.....	<b>42</b>

### Uvodnik

Za nami so že 13. Stefanovi dnevi, in kot vsako leto poprej so tudi letošnje dneve spremljale razne prireditve in predavanja. Dnevi so se pričeli z odprtjem razstave "FUSION EXPO", ki se je udeležil tudi Evropski komisar za razvoj in raziskave dr. Janez Potočnik. Sledili so ji predavanja prof. Janeza Strnada in prof. Marka Mikuža, odprtje razstave slik Milene Usenik ter dan odprtih vrat. Trem raziskovalcem, avtorjem najodmevnejših doktoratov preteklih treh let, smo podelili zlati znak in že šestnajstič zapored priznanja mladim raziskovalcem, ki so v letu 2004 uspešno končali podiplomsko usposabljanje na Institutu. Nekdo bi rekel, da je bilo tako kot prejšnja leta, a meni se ni zdelo tako. Prvič sem namreč imela občutek, da Stefanovi dnevi odmevajo tudi v javnosti. Poleg znanih predavateljev je k odmevnosti prispevalo tudi oglaševanje v medijih. No, znanost pa je nasploh v letošnjem letu nekoliko bolj vidna v javnosti kot navadno. Eden od razlogov je prav gotovo proglasitev letošnjega leta za svetovno leto fizike in s tem predvsem predavanj, ki potekajo po vsej Sloveniji. Raziskovalci se moramo zavedati, da je današnji čas pač čas samopromocije in da za večje poznavanje svojih raziskav in pomebnosti le-teh v javnosti lahko največ naredimo sami. Kot tudi drugje pa ima tudi tu vztrajnost pomebno vlogo.

*Polona Umek, urednica*

### Novice IJS, glasilo Instituta "Jožef Stefan"

**Urednika:** dr. Polona Umek, Blaž Kralj, univ. dipl. kem.

**Sodelavka:** Natalija Polenec, univ. dipl. inž. arh., **Lektor:** dr. Jože Gasperič

**Naslovnica:** Krogla s plazmo, foto: Jožef Strašek

**Fotografije:** Marjan Smerke in avtorji prispevkov

<http://www-novice.ijs.si>, e-pošta: [novice@ijs.si](mailto:novice@ijs.si)

**Tisk:** Grafika M, **fotoliti:** Fotolito Dolenc

Ponatis vsebine je dovoljen z opombo, da gre za prispevek iz Novic IJS. Članke, predloge in pripombe lahko pošljete po e-pošti: [novice@ijs.si](mailto:novice@ijs.si)

Za vsebino strokovnih in (poljudno)znanstvenih člankov odgovarjajo avtorji!

ISSN 1581-2715

## 13. DNEVI JOŽEFA STEFANA 21.–25. 3. 2005

## »ITER« V SLOVENIJI

*[Razstava »Fuzija, energija bodočnosti«]*

*Ponedeljek, 21. marec 2005, ob 11h*

Da bodo »Stefanovi dnevi« v letu fizike "preskočili" ograji okoli stavb na Jamovi in v Podgorici, sprva sicer ni bilo načrtovano, vendar se je ideja o razstavi o fuziji v centru Ljubljane lepo ujela s prepričanjem o potrebnosti približevanja znanosti in predstavitev v javnosti. Ne le v letu fizike in v okviru vsakoletnih Stefanovih dnevo, tudi sicer bi se bilo koristno bolj posvečati popularizaciji in dvigovanju ugleda znanosti. Tak je bil tudi eden izmed motivov razstave, ki smo jo sredi marca postavili v galeriji TR3, v poslovni stavbi na Trgu republike 3. Da smo vsaj delno dosegli namen, priča kar lepo število obiskovalcev razstave, približno 2400 v osmih delovnih dneh.

Osnovni namen potujoče razstave »Fusion EXPO«, ki smo jo v Sloveniji poimenovali »Fuzija, energija bodočnosti«, je približati široki javnosti Evropski fuzijski program, prikazati stanje razvoja fizike in fuzijske tehnologije ter predstaviti načrt gradnje poskusnega fuzijskega reaktorja ITER, razvitega v sodelovanju Evrope, Japonske,



**Dr. Milan Čerček, dr. Janez Potočnik in prof. dr. Vito Turk (na sliki) si ogledujejo del reaktorske posode naprave z obrnjenim magnetnim poljem (RFX).**

Rusije, Kanade in ZDA. Razstave organizira Direktorat za energijo Evropske komisije v sodelovanju s »Consorzio RFX« iz Padove in lokalnim organizatorjem. Tokrat je nosilno vlogo pri organizaciji prevzel Institut »Jožef Stefan«. Odločitvi, da prevzamemo organizacijo razstave v Ljubljani, je deloma botrovala tudi iluzija, ki jo je pričaral pridevnik »potujoča«. Razstava je bila doslej postavljena že približno petdesetkrat, prepotovala je Evropo in iz nje tudi izstopila. Tokratna postavitev v Ljubljani in odprtje v okviru prireditev Stefanovih dnevo ni bilo naključje: dan odprtja je bil namreč določen tudi za podpisovanje asociacijske pogodbe med Slovenijo in Evropsko komisijo, s katero se je Slovenija uradno priključila široki evropski družbi pri raziskavah fuzije.

Razstava je nastajala na različnih lokacijah: v Padovi, Garchingu, Bruslju, v Ljubljani in v Podgorici, kar je bilo videti tako v pestrosti načinov kot tudi v povečanem prometu v medmrežju. Akcija je potekala pod »taktirko« in budnim očesom Komisije iz Bruslja, načrti za postavitev v galeriji TR3 so nastajali v Padovi, pomoč pri »pisanju scenarija« je prihajala tudi iz Garchinga, na Jamovi in v Podgorici pa smo se trudili ujeti utrip nastajajoče razstave in zrežirati dobro predstavo po »evropskem« scenariju. S prevajanjem brošure, plakatov, legend in filma »Starmakers« v slovenščino smo se trudili Goran, Saša in Milan, prevod pa je doživel še temeljito jezikovno in strokovno lektoriranje Jožeta, Radka, Matjaža in Milana. Zgodilo se je seveda tudi, da smo po zaključenem krogu na koncu spet prišli do prvotno uporabljenega izraza. Pred tiskanjem v Bruslju je bilo seveda potrebno še nekajkrat odpraviti napake, povezane z značilnostmi slovenščine. Med večkratnim branjem smo obnovili nekaj pravil pravilne rabe slovenščine, »ne-fiziki« pridobili nekaj znanja



**Dr. Potočnik je pozorno prisluhnil razlagi ...” za.“ Dr. Janez Potočnik in Dr. Janez Možina (levo) med razlago dr. Saše Novak o razvoju materiala za prvo steno fuzijskega reaktorja na Odseku za Nanostrukturne materiale IJS**

s področja fuzije, naš bruseljski kolega Hugues pa je po vsakodnevem telefonskem preverjanju popravkov v tekstih, sicer z močnim francoskim naglasom, vendar na koncu že kar razumljivo bral slovenska besedila.

Ko je v začetku marca iz Bruslja odpeljal tovornjak z natisnjenimi »evropskimi« plakati v slovenščini, v Garchingu naložil nosilno konstrukcijo zanje, v Padovi pa so nanj naložili še modele, makete in tehnične pripomočke ter mu priključili prikolico s 3-D stereoskopskim projektorjem, je temperatura v Ljubljani začela rasti v obeh pomenih. Potekala so še zadnja pogajanja o postavitvi z upraviteljem stavbe TR3, priprava in tisk predstavitev v fuzijski program vključenih skupin s Fakultete za strojništvo in IJS, Viktor je hitel s pripravami na odprtje, z obveščanjem šol in medijev, s plakati in vabili, med Brusljem in Ljubljano pa so množično potovala elektronska sporočila v zvezi s protokolom slavnostnega odprtja. Ko se je tovornjak s prikolico prebil do glavnega vhoda TR3, je napočil trenutek resnice. Bo zmagala Jožetova črna slutnja o množici napak na plakatih in v brošurah? Kam z velikimi lesenimi zaboji? Kako smiselno postaviti panoje in hkrati ugoditi strogim

zahtevam TR3? Bo šlo v treh dneh? Hugues, Ugo in Modesto so ob pomoči fantov iz Auditorie pridno sestavljali, postavljali in premeščali, in v petek popoldne je bilo skoraj vse na svojem mestu. Barry je »prižgal zeleno luč« in popeljal čez razstavo prvo skupino – vodiče. Mladen s Fakultete za strojništvo, Alenka, Sabina, Tomaž, Primož in Igor, sodelavci IJS, in študentje Katja, Jure, Luka in Milan so v naslednjih dveh tednih po podatkih iz beležnice Natalije, tajnice razstave, približno 160-krat povedali »zgodbo o energiji bodočnosti«.

Odprtje razstave »Fuzija, energija bodočnosti« je bila v ponedeljek, 21. marca, kot prvo dejanje »Stefanovih dnevov«. Po nagovorih evropskega komisarja dr. Janeza Potočnika, državnega sekretarja z MVZT dr. Janeza Možine in direktorja IJS prof. dr. Vita Turka so si ugledni domači in tuji gostje ogledali razstavo in jo uradno odprli za javnost.

Razstava je bila tematsko razdeljena v štiri »poglavja«: ob vstopu v galerijo TR3 so bili predstavljeni argumenti za razvoj fuzije kot možnega vira energije in gradnjo poskusnega reaktorja ITER ter fizikalne osnove zlitja devterijevih in tritijevih jeder. Največ pozornosti v tem delu je pritegnila krogla s plazmo (*slika na naslovnici*), ki je s tankimi rdečimi »jeziki« poiskala prste, ki so se dotaknili krogle.

Najbolj opazen eksponat, ob katerem so se ustavljali tudi naključno mimoidoči, je bila seveda pomanjšana maketa reaktorja ITER, ki je v prerezu prikazovala notranjo zgradbo reaktorja. Rdeče žareča luč v njegovem jedru je simulirala prižiganje plazme v nekaj sekund trajajočih intervalih?

V naslednjem delu je bil predstavljen evropski fuzijski program, v katerega se vključuje tudi Slovenija. Slovenske raziskovalne skupine so predstavile svoje dejavnosti v tem okviru s plakati v zadnjem delu razstavnega prostora. (*Več o vključevanju skupin IJS in Fakultete za strojništvo UL v fuzijski program lahko*

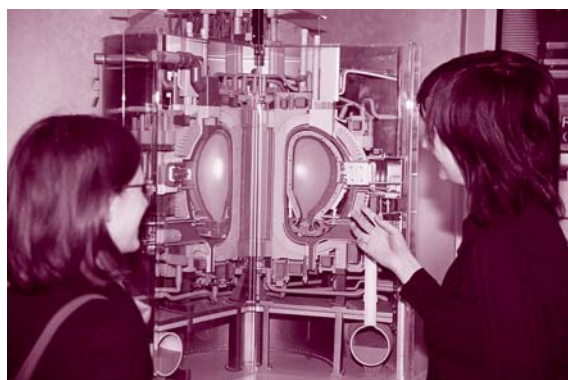


*preberete v prispevku »Slovenska fuzijska asociacija« dr. Milana Čerčka).*

Ogled razstave smo sklenili z navideznim sprehodom skozi fuzijski reaktor, ki ga je pričaral ogled osemminutnega filma »Ustvarjalci zvezd« (»Starmakers«). Film je v 3-D-tehniki prikazal gradnjo in zgradbo bodočega poskusnega reaktorja ITER. V 2-D-tehniki je film na ogled na spletni strani <http://www.ijs.si/fuzija>.

Glavno vlogo na razstavi je odigralo deset vodičev, ki so v osmih dneh in pol predstavili fuzijo preko 2400 obiskovalcem. Da jim je uspelo vzbuditi veliko zanimanja, so kazali pozorni obrazi obiskovalcev, simpatični zapisi v knjigi vtisov, ki izražajo zadovoljstvo nad načinom predstavitve in podporo tovrstnim dogodkom, pa tudi občasno pojavljanje obiskovalcev, ki so prišli ponovno in s seboj pripeljal še prijatelje ali starše. Razočarani (pre)pozni obiskovalci pa so ugotavljali, da je bila razstava prekratka.

Razstavo »Fusion EXPO« je v okrnjeni obliki 31. marca odpeljal tovornjak s prikolico v svoja domicila, v Padovo in Garching. Maja jo bodo



**Katja ob maketi opisuje delovanje poskusnega reaktorja ITER.**

ponovno postavili v Španiji, poleti v Bernu v Švici in nato na Slovaškem. Razstavnici panoji so ostali v Ljubljani in tako bo slovenska različica razstave, ki smo jo videli marca v galeriji TR3, kmalu spet na ogled, tokrat kot stalna razstava v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo v Podgorici. V začetku bo na žalost brez eksponatov, vendar bomo poskušali čim prej sestaviti manjši plazemski eksperiment in seveda razstavo popestriti tudi s kroglo s plazmo.

*Dr. Saša Novak*

### **GOVOR DR. JANEZA POTOČNIKA, EVROPSKEGA KOMISARJA ZA ZNANOST IN RAZISKAVE, OB ODPRTJU EVROPSKE RAZSTAVE O FUZIJI V OKVIRU ODPRTJA „DNEVOV JOŽEFA STEFANA“**

*Profesor Turk, gospe in gospodje,*

*vesel sem, da lahko sodelujem pri odprtju vsakoletnih „Dnevov Jožefa Stefana“, instituta, ki je vodilni na področju znanstvenih raziskav v Sloveniji. Kot veste, bo začetek Stefanovih dnevov tokrat zaznamovalo odprtje Evropske razstave o fuziji, ki so jo skupaj pripravili partnerji Evropskega fuzijskega programa.*

*Letos praznujemo svetovno leto fizike. Pred stotimi leti je Albert Einstein objavil svoje pomembne teoretične prispevke na področju relativnosti, Brownovega gibanja in sevanja. Prav na tem zadnjem področju je Jožef Stefan odkril danes stokovnjakom splošno znano zvezo med gostoto energijskega toka, ki ga izseva tako*



**Dr. Janez Potočnik med govorom**

*imenovano črno telo, in četrto potenco absolutne temperature tega telesa. Ta zakon*



**Rezanje traku**

*je bil eden od prvih pomembnih korakov na poti k razumevanju resnične narave elektromagnetnega valovanja. Tu se je tudi porodila zamisel o tem, da je energija elektromagnetnega valovanja kvantizirana. To je tlakovalo pot mnogim drugim presenetljivim odkritjem moderne fizike, ki dandanes ponujajo rešitve za številne izzive modernega življenja.*

### **Približati znanost mladim**

*Institut "Jožef Stefan" je na področju fizike, jedrske tehnike in tehnologije brez dvoma mednarodno priznana in ugledna institucija. Stefanovi dnevi in razstava pa pravi način, s katerim Institut svoje delo uspešno približa širši javnosti, predvsem mladini. To je eno temeljnih poslanstev, ki bi se mu morale podobno zavzeto posvečati vse raziskovalne institucije.*

*Evropska komisija spodbuja vse, ki se spopadajo s tem izzivom. Tako na primer organiziramo Tekmovanje mladih znanstvenikov Evropske unije, na katerem vsako leto sodelujejo zmagovalci državnih znanstvenih tekmovanj. Veliko tekmovalnih projektov je s področja uporabnih znanosti, tehniških ved in računalništva. Skupine dijakov iz več kot 34 držav iz cele Evrope, pa tudi od drugod – denimo iz ZDA, Južne Koreje, Kitajske in Japonske – se potegujejo za številne denarne nagrade in posebna priznanja.*

*Vsako jesen organiziramo tudi »Teden znanosti«, dogodek, ki združuje evropske projekte sodelovanja pri spodbujanju znanosti v javnosti in še zlasti med mladino.*

### **Zakaj pravzaprav vlagati v raziskave?**

*Če želimo biti konkurenčni na svetovnih trgih moramo pritegniti več ljudi k znanstvenim poklicem in povečati vlaganje v znanost in raziskave – to je ključno za našo prihodnost.*

*Nekateri naši menjalni partnerji konkurirajo s primarnimi surovinami, ki jih mi nimamo. Nekateri konkurirajo s poceni delovno silo, česar nečemo. Nekateri konkurirajo na škodo okolja, kar za nas ni sprejemljivo.*

*Najboljši način, da Evropa in evropska podjetja dolgoročno utrdijo svojo konkurenčnost, je zato polno izkoriščanje trikotnika znanja: ustvarjanje, prenos in uporaba znanja preko raziskav, izobraževanja, usposabljanja in inovacij.*

*Dober primer tovrstnega delovanja je prav Institut "Jožef Stefan", ki svoje visoko kakovostno raziskovalno delo neposredno povezuje z industrijo, torej s podjetji, ter vzdržuje tesne vezi s slovenskimi univerzami. Še posebej razveseljiva je novica o ustanovitvi Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana, ki bo brez dvoma pomembno vplivala na kakovost raziskav.*

*Komisija je vlogo raziskav pri gradnji naše skupne prihodnosti in gospodarske rasti postavila v osrčje svojih prizadevanj. Že julija lani je predlagala podvojitve proračuna za raziskave. Ob odobritvi finančne perspektive Prodijeve Komisije v Evropskem parlamentu je omenjeno usmeritev ponovil tudi predsednik Komisije Barroso. Podobno sporočilo je mogoče najti tudi v t. i. vmesnem poročilu o izvajanju Lizbonske strategije, ki ga je pred kratkim sprejela Komisija. Naslednji okvirni raziskovalni program, ki ga bom Komisiji predstavil 6. aprila, bo ključni instrument*

za uresničitev ambicioznega cilja - spodbujanje rasti produktivnosti in zagotavljanje konkurenčnosti preko znanja.

Pričakujem, da bo tudi jutrišnja razprava v Evropskem svetu v Bruslju izpostavila pomen skupnih naporov na področju znanja z namenom okrepitve trajnostno naravnane in uravnotežene dolgoročne gospodarske rasti. Le če bomo raziskovalni potencial Evrope razvijali skupaj, če bomo na razumen način združili svoje napore, lahko postanemo resnično močnejši.

#### **In zakaj so pomembne energetske raziskave?**

Svetovni gospodarski razvoj ter podnebna in geopolitična tveganja, povezana s trajno odvisnostjo od fosilnih virov, so privedli do visoke rasti povpraševanja po nefosilnih virih energije. To od nas zahteva resen premislek, kako v prihodnosti zadovoljevati svoje energetske potrebe. Eno od področij, kjer moramo okrepiti raziskovalno dejavnost, je zato prav področje energije.

Mislím, da bi ne bilo prav, da bi dolgoročno globalno energetske rešitve iskali zgolj v smeri enega energetskega vira. Vprašanje energetske preskrbe je tako pomembno, da morajo biti naši raziskovalni napori usmerjeni v različne možnosti, ki jih danes poznamo. Fuzijska energija je ena od njih. Z zadostnimi raziskovalnimi napori bomo zagotovili napredek, ki bo omogočal njeno uporabo našim prihodnjim generacijam. Fuzijska energija obeta veliko, saj je goriva v naravi na pretek. Postopek izgorevanja goriv, združevanja ali fuzije lahkih jeder vodikovih izotopov, pri čemer se sprošča energija, je postopek pridobivanja energije, ki ga poznamo iz vesolja. Svetila sonce, zvezde. Cilj raziskav fuzije je nadzor nad tem postopkom na Zemlji in gradnja elektrarn, ki bodo pridobivale energijo za tržno uporabo.

#### **Organizacija in dosežki na področju raziskav fuzije**

Raziskave fuzije so eden večjih skupnih evropskih raziskovalnih uspehov. Evropa je napore na področju raziskav fuzijske energije poenotila že takoj ob ustanovitvi Unije in je danes na tem področju v svetu vodilna.

Pomembno raziskovalno delo se izvaja v laboratorijih evropskih združenj za fuzijo. Sedaj vključuje program 21 raziskovalnih združenj v večini držav članic, v Švici in Romuniji. Letos sta se pridružili dve na novo vzpostavljeni združenji za fuzijo, eno na Poljskem in drugo tu v Sloveniji. Slovensko združenje vključuje Institut "Jožef Stefan" in Univerzo v Ljubljani, odprta pa ostaja tudi možnost razširitve in vključitve raziskovalcev iz drugih institucij.

Združenja so temelji dobro usklajene in celostne raziskovalne organizacije. Zagotavljajo, razvijajo in vzdržujejo znanje in izkušnje, potrebne za gradnjo fuzijskih reaktorjev. Poleg poglobljanja razumevanja fizikalnih procesov razvijajo tudi potrebne materiale, opremo in sestavne dele fuzijskih reaktorjev, ki jih zahteva porajajoča se tehnologija.

Združenja vključujejo raziskovalno osebje, dejavno na področju raziskav fuzije v Evropi, hkrati pa tudi usposablajo nove raziskovalce za potrebe raziskovalnega programa. Izobražujejo in obveščajo tudi javnost. To je še zlasti pomembno, saj morajo biti ljudje dobro obveščeni, da lahko razumejo cilje in poti raziskovalnih naporov. Le tako si o njih lahko ustvarijo svoje mnenje in presojo. Razstava o fuziji, ki jo odpiramo danes, ima prav ta namen in ne dvomim, da ga bo tudi uresničila.

Po zaslugi plodnega večstranskega sodelovanja med združenji je Evropa zgradila in upravlja največji reaktor za





**Na odprtju raztave se je zbralo veliko uglednih ljudi iz znanstvenih, diplomatskih in političnih krogov.**

*raziskave fuzije na svetu, Joint European Torus (JET), ki se nahaja v Združenem kraljestvu. Pred dvema tednoma sem ga imel priložnost obiskati, kar je bila zame svojevrstna izkušnja. JET deluje pod okriljem Evropskega sporazuma in omogoča celotni Evropski skupnosti na področju raziskav fuzije odkrivanje novih mejnikov napredka pri ključnih fuzijskih parametrih. Zagotavlja potrebne pogoje za raziskave, ki so usmerjene v bodočo komercialno proizvodnjo energije.*

*Namen sodelovanja združenj je med drugim olajšati mobilnost raziskovalcev, povečati njihov pretok med državami in omogočiti dostop do izvajanja poskusov v najbolj primernih objektih za fuzijo v Evropi, vključno z JET.*

#### **ITER: pot naprej**

*Na podlagi kakovostnih znanstvenih in tehničnih rezultatov projekta JET, skupaj s pomembnim delom, ki se opravlja v okviru združenj za fuzijo, je Evropa danes pripravljena na začetek gradnje eksperimentalnega reaktorja ITER. Sodelovanje z mednarodnimi partnerji pri raziskavi fuzije, pri projektiranju reaktorja ITER z Rusko federacijo, Republiko Kitajsko,*

*Japonsko, Republiko Južno Korejo in Združenimi državami Amerike je že dolgotrajno. Skrbno pripravljene analize so po našem mnenju in tudi po mnenju nekaterih drugih omenjenih partnerjev dokazale, da je najbolj ustrezna lokacija za zagotovitev uspeha projekta Cadarache v Franciji. Želimo si kar najširšega možnega mednarodnega sodelovanja pri gradnji tega eksperimentalnega reaktorja, hkrati pa se zavedamo, da z odločitvijo o začetku gradnje ni mogoče več odlašati. Sam bom naredil vse, kar je v moji moči, da se bo pričela še v letošnjem letu.*

*ITER bo igral vodilno vlogo v svetovnem fuzijskem programu, evropski prispevek v njem pa bo zagotovil, da Evropa še naprej ostane v ospredju. Pomembno se je tudi zavedati, da je hkrati z gradnjo treba v združenjih opraviti še veliko drugega raziskovalnega dela za podporo reaktorju ITER in za dosego cilja programa - izgradnje fuzijskih elektrarn, ki bodo lahko dolgoročno zagotavljale varen in čist vir energije.*

#### **Sklepne opombe**

*Dovolite mi, da na koncu čestitam slovenskim raziskovalcem fuzije z "Instituta Jožef Stefan" in Univerze v Ljubljani. Vzpostavitev združenja med Slovenijo in Euratomom vam bo v bodoče omogočila še pomembnejšo vlogo v tem izjemnem raziskovalnem programu. Če prav razumem, bomo imeli priložnost, da si del vašega dela skupaj ogledamo tudi na razstavi?*

*Prepričan sem, da bodo ti Stefanovi dnevi pripomogli k obveščanju javnosti o vaših dosedanjih uspehih kakor tudi o vlogi fuzije kot enem od ključnih možnih energijskih virov prihodnosti nasploh.*

*Želim vam še naprej veliko uspeha pri bodočem delu in se vam zahvaljujem za pozornost!*



#### GOVOR DIREKTORJA INSTITUTA »JOŽEF STEFAN« OB ODPRTJU STEFANOVIH DNI TER RAZSTAVE FUZIJA – ENERGIJA BODOČNOSTI (21. 3. 2005)

Vsakoletni »Stefanovi dnevi« potekajo v tednu, ko je bil rojen veliki slovenski fizik Jožef Stefan, po katerem s ponosom nosi ime naš Institut. Ves teden je zaznamovan z različnimi aktivnostmi, ki prikazujejo javnosti dosežke raziskovalcev ter kažejo zmožnosti znanosti pri nas in v svetu. Letošnji dnevi potekajo prvič v času, ko je Slovenija postala članica Evropske skupnosti. V veselje mi je, da pričenjamo letošnje »Stefanove dneve« ravno z razstavo »Fuzija – energija bodočnosti«. To je potujoča razstava, pripravljena v okviru Evropskega fuzijskega programa, ter jo tudi sponzorira Evropska skupnost. Ob tej priložnosti bi se rad zahvalil prav vsem, ki so omogočili to razstavo, tako iz Evropske komisije, Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo za obljubljeno finančno pomoč kot tudi vsem raziskovalcem Instituta »Jožef Stefan« ter Fakultete za strojništvo, še zlasti pa dr. Milanu Čerčku in dr. Saši Novak.

Slovenski raziskovalci se zavedajo, da je potrebno zagotoviti dolgoročno, zanesljivo in trajnostno oskrbo z energijo, ki naj bo okolju čim bolj prijazna. Raziskave na področju fuzije vsekakor dajejo te možnosti, saj so zaloge goriva praktično neizčrpne. Tako na Institutu »Jožef Stefan« kot tudi Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani že nekaj časa tečejo raziskave na tem izrazito interdisciplinarnem področju s končnim ciljem zagotavljanja novih virov energije. Te raziskave so tudi vključene v Evropski fuzijski program, ki ga v okviru EURATOM-a koordinira Evropska komisija. Sodelavci Generalnega direktorata za raziskave in razvoj z Oddelka za fuzijsko energijo so našim raziskovalcem ves čas stali ob strani ter se jim za vso izkazano pomoč iskreno zahvaljujemo. Za Slovenijo je pomembno, da smo v ta program vključeni od vsega začetka, kar potrjuje tudi asociacijska pogodba med EURATOM-om in Ministrstvom za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, ki omogoča dostop do fuzijskih reaktorjev.



**Prof. Vito Turk med govorom**

Institut »Jožef Stefan« pa deluje tudi na mnogih drugih področjih, saj je naša najmočnejša in mednarodno ugledna znanstveno raziskovalna organizacija krepko vpeta v slovenski in mednarodni prostor. To smo dosegli z znanstveno odličnostjo, saj smo se vedno zavedali, da sta močna raziskovalna baza in znanje nujen pogoj za ekonomski razvoj okolja, v kateri živimo. Zato smo med drugim zapisali na osnovi dosedanjih dosežkov, da je poslanstvo Instituta osvajanje in širjenje znanj na najvišji ravni na področju naravoslovnih in tehniških ved. Nova znanja zagotavljajo vrhunsko izobrazbo raziskovalcem ter omogočajo razvoj najmodernejših tehnologij, uporabnih v industriji, še zlasti v majhnih in srednje velikih podjetjih. Za doseganje teh ciljev je potrebna tudi kritična masa raziskovalcev in primerna infrastruktura. Mladi raziskovalci Instituta »Jožef Stefan« so se že v preteklosti kot tudi sedaj izpopolnjevali v modernih laboratorijih zahodnega sveta, še zlasti v ZDA, od koder so prenašali nova znanja in načine razmišljanja. Zato tudi ni slučaj, da smo se uspešno vključevali v evropske in druge mednarodne povezave. Sodelujemo v okvirnih programih Evropske skupnosti. Sedaj smo vključeni v več kot 80 projektov 5. oz. 6. okvirnega programa, kar

je v prihodku Instituta okoli 10 %. To je dosežek, ki ga ne dosega vrsta uglednih evropskih raziskovalnih ustanov.

Kmalu bo razpisan tudi 7. okvirni program. Uspešnost v evropskem raziskovalnem prostoru je v veliki meri odvisna tudi od dobro zasnovanih, kvalitetnih in finančno primerno podprtih nacionalnih programov. Pomembno je tudi, da se na v razvitem svetu običajen način pospešuje sodelovanje med akademsko sfero in gospodarstvom, pri čemer ima pomembno vlogo tudi vlada. Vse tri navedene institucije: vlada – gospodarstvo – akademska sfera, se morajo medsebojno prepletati in vzpostaviti trojno vijačnico, če se izrazim kot biokemik. To je neko naravno stanje, kot rečemo »nativna konformacija«, kjer se vzpostavijo naravne interakcije, brez prisile. Pri nas tega še marsikdo ni spoznal in misli, da imamo odlično znanost, da je je preveč ter da morajo zato raziskovalci oditi v industrijo. Celo doktorjev znanosti je zanje preveč! Naj na tem mestu citiram nekdanjega evropskega komisarja Philippa Busquina: »Namesto da postavimo vprašanje, kaj je prihodnost osnovnih raziskav v Evropi, naj bi se resnično vprašali, kakšna bo prihodnost Evrope brez osnovnih raziskav. Naša ambicija, da zgradimo družbo na osnovi znanja ter Evropski raziskovalni prostor (ERA), zahteva močno znanstveno bazo ter visokokvalitetne človeške vire. Osnovne raziskave so odgovor na obe zahtevi. Današnje osnovne raziskave bodo pomenile jutrišnjo rast, kompeticijo in boljšo kvaliteto življenja. V ZDA so to razumeli, Evropska skupnost pa še vedno zaostaja. Zbudimo se, ukrepajmo sedaj, da spremenimo to stanje in zapolnimo praznino.« To je bila vedno in je še vedno filozofija Instituta »Jožef Stefan«, kar pa nam je povzročalo nemalokrat težave. Tudi številni projekti z industrijo in skoraj 20-odstotni prihodek iz tega sodelovanja nekaterih ne prepriča. Ustanovili smo tudi prvi Tehnološki park v Sloveniji, ki je prerasel v današnji uspešni Tehnološki park Ljubljana, v katerem deluje 55 podjetij. Raziskovalci Instituta »Jožef Stefan« pa se



**Na odprtju razstave je govoril tudi prof. Janez Možina, državni sekretar na Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo.**

bomo trudili še naprej. Tudi nedavno ustanovljena Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana s soustanovitelji iz gospodarstva dokazuje naša hotenja.

In še nekaj. Vsekakor glede na možnosti in izzive bližnje prihodnosti pomenijo vlaganja v osnovne raziskave nekakšno »poceni zavarovanje«, ki omogoča doseganje dolgoročnih ekonomskih in družbenih učinkov. Taka vlaganja odpirajo različne opcije, scenarije in možnosti, ki so vodili do nepričakovanih široko uporabnih rešitev, kot so laserji, rentgenski žarki, polprevodniki, GPS, kseroks, internet. Dosedanje izkušnje dokazujejo, da bo tako tudi naprej. Naj citiram nobelovca Pierre de Gennes-a, sicer člana našega Mednarodnega odbora svetovalcev, ki je dejal, »da elektrika ni bila odkrita, ker bi znanstveniki želeli izpopolniti sveče, niti se ni razvila atomska fizika, ker bi želel nekdo proizvajati elektriko«.

Naj končam z željo, da bi bila Slovenija uspešna članica Evropske skupnosti, Evropskemu komisarju gospodu dr. Janezu Potočniku pa želim uspešno vodenje tega, tako pomembnega resorja za našo skupno prihodnost.

### **SLOVENSKA FUZIJSKA ASOCIACIJA - SFA**

#### **Organizacija fuzijskih raziskav v Evropi.**

Raziskave fuzije so že 50 let pomemben del raziskovalnih programov EURATOM-a. Vseskozi so izrazito koordinirane, in tako danes potekajo v okviru:

- asociacij – sklenjene so asociacijske pogodbe z institucijami v državah članicah (in pridruženih članicah) o aktivnostih na področju fizike, plazemskih in fuzijskih tehnologij;
- Evropskega sporazuma o razvoju fuzije (EFDA – European Fusion Development Agreement), ki vključuje aktivnosti na področju tehnologije v asociacijah in v evropski industriji, skupno izkoriščanje eksperimentalnega reaktorja JET kot tudi evropski prispevek k mednarodnim projektom, kot je npr. ITER.
- sporazuma o promociji mobilnosti raziskovalcev, ki predvideva finančno podporo pri izmenjavi osebja. Evropska komisija podpira usposabljanje in mobilnost mladih raziskovalcev s posebnimi štipendijami EURATOM-a.

Dodatno in v posebnih primerih so za raziskovalno delo sklenjene časovno omejene pogodbe, veliko teh za tehnološka razvojna dela je sklenjenih neposredno z evropsko industrijo.

V tekočem 6. okvirnem programu je za fuzijske raziskave namenjeno 750 milijonov evrov, od tega 200 milijonov za pričetek gradnje ITER-ja. V predlogu za 7. OP je za fuzijo namenjenih več kot dve milijardi evrov.

Izvajanje fuzijskih raziskav v 23 asociacijah koordinira Evropska komisija. Vsaka asociacija ima nadzorni odbor, sestavljen iz lokalnih zastopnikov in zastopnikov Komisije, ki bdi nad njenim programom raziskav. Poseben odbor predstavnikov iz držav članic, imenovan Svet za EURATOM-ove specifične raziskave in usposabljanje na področju jedrske energije (fuzije) – CCE-FU, svetuje Komisiji pri programskih in strateških odločitvah in tudi pri razporejanju finančnih

sredstev. Načrtovanje in nadzor nad aktivnostmi v okviru sporazuma EFDA izvaja nadzorni odbor, v katerem imajo svoje zastopnike vse asociacije in Komisija.

#### **Ustanovitev in sestava Slovenske fuzijske asociacije (SFA).**

Slovenski raziskovalci sodelujejo v evropskem fuzijskem programu že od leta 2001. Najprej je sodelovanje potekalo v okviru posameznih projektov s časovno omejenimi pogodbami o delitvi stroškov (CSA). Do leta 2004 je število takšnih projektov in angažiranih sredstev toliko naraslo, da je zaradi boljše koordinacije dela postalo smiselno skleniti asociacijski sporazum z EURATOM-om. Pogodba je bila podpisana 14. marca 2005, slovenski podpisnik pogodbe pa je Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo. Istočasno je minister poleg krovne pogodbe podpisal tudi pogodbo o sodelovanju v okviru sporazuma EFDA, pogodbo o sodelovanju pri raziskavah na reaktorju JET in pogodbo o promociji mobilnosti raziskovalcev na področju fuzije.

Na temeljih krovne pogodbe je bil imenovan nadzorni odbor, ki je na predlog ministrstva ustanovil Raziskovalno enoto in imenoval njenega vodjo. V našem primeru sta sedaj člana Raziskovalne enote Institut "Jožef Stefan" in Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani. Politehnika Nova Gorica bo v letošnjem letu sodelovala pogodbeno z Institutom, že v naslednjem letu pa bi ob razširitvi dejavnosti lahko postala tretji partner v Raziskovalni enoti.

#### **Delovni program SFA.**

Na prvi seji nadzornega odbora asociacije 21. marca je bil potrjen delovni program in finančni načrt raziskav za letošnje leto.

Celoten program je sestavljen iz projektov s področja fizike in tehnologije plazme oziroma interakcije plazme s površinami fuzijsko relevantnih materialov, nadalje na področju osnovnih tehnologij keramičnih materialov



in iz projektov s področja strojne in jedrske tehnologije.

Raziskovalcem z Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij in Odseka za reaktorsko fiziko je že sredi leta 2003 uspelo s svojim predlogom pridobiti projekt s širšega področja interakcije plazme s površinami materialov. Projekt je dvoleten in se konča sredi letošnjega leta. Raziskave se bodo nadaljevale v okviru delovnega načrta asociacije. Cilj projekta je raziskati in kvantitativno opisati nastanek vibracijsko vzbujenih vodikovih in devterijevih molekul in njihovo interakcijo s fuzijsko relevantnimi materiali, ki mejijo na plazmo. Rezultati raziskav, ki potekajo v sodelovanju z Raziskovalnim centrom v Jülichu, naj bi dali ustrezne podatke za programe, s katerimi modelirajo interakcije delcev plazme s steno reaktorja in prispevali k večjemu razumevanju relativnega pomena procesov, ki pri tem potekajo.

Del delovnega programa so tudi raziskave heterogene katalitične rekombinacije vodikovih atomov na fuzijsko relevantnih materialih. Sodelavci Odseka za tehnologijo površin in optoelektroniko bodo izdelali bazo rekombinacijskih koeficientov za vodik pri več različnih materialih. Posebno skrb bodo namenili morfologiji površin. Pri raziskavah sodelujejo z Raziskovalnim centrom v Jülichu, od koder bodo tudi dobili ustrezne vzorce materialov.

V evropskem fuzijskem programu potekajo tudi obširne raziskave interakcije plazme s površinami materialov glede na njihovo izbiro za izdelavo sestavnih delov prihodnjega eksperimentalnega reaktorja ITER kakor tudi drugih manjših tokamakov. Med te spadajo erozija in nanos materiala, vpliv prehodnih toplotnih obremenitev stene reaktorja, uporaba materialov z visokim Z, zadrževanje in sproščanje vodika iz stene itd. Karakterizacijo materialov pred uporabo in po njej izvajajo v eksperimentalnih napravah s številnimi komplementarnimi metodami. Del delovnega programa naše asociacije so tudi tovrstne raziskave z visokoenergijskim ionskim curkom, ki jih izvajajo v Mikroanalitskem centru Odseka za fiziko

nizkih in srednjih energij. Vzorce materialov, ki jih bodo dobili iz Raziskovalnega centra v Jülichu, kjer se nahaja tokamak Textor, bodo analizirali z metodami PIXE, RBS, ERDA in NRA.

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, v Laboratoriju za računalniško podprto konstruiranje LECAD, delujeta tudi dva bivša sodelavca Laboratorija za fiziko plazme Odseka za reaktorsko fiziko IJS. V sodelovanju s sodelavci Instituta za teoretično fiziko na Univerzi v Innsbrucku že od začetka leta 2004 v okviru CSA-projekta raziskujeta mejne pogoje v fuzijskih plazmah in načine, kako jih uporabiti v obstoječih in prihodnjih transportnih programih, ki jih oziroma jih bodo uporabili za simulacijo fuzijske plazme. V okviru projekta, ki naj bi se končal konec leta 2006 in ki zato poteka vzporedno z drugim asociacijskim programom, naj bi razvili nove teoretične modele, ki bi boljše opisali področja plazme, kjer fluidni približki ne veljajo več. To je predvsem v območju magnetnega predplašča in elektrostatičnega plašča pred deli reaktorja, ki so v stiku s plazmo. Rezultati naj bi omogočili izpeljavo izboljšanih robnih pogojev za fluidne transportne programe.

Materialov, ki bi zdržali v ekstremnih razmerah, kakršni so v bližini prve stene fuzijskega reaktorja (temperatura, nevtroni), je zelo malo. Silicijev karbid je, kot kaže, edini, ki ima tudi pri zelo visokih temperaturah potrebno trdnost in se minimalno aktivira pri obstreljevanju z nevtroni. Vendar pa je pred uporabo potreben še intenziven razvoj, ki bo v prihodnosti omogočil pripravo gostega materiala z zahtevanimi lastnostmi. Naše raziskovalke in raziskovalci se vključujejo v ta razvoj na področju osnovnih tehnologij z dvema projektoma na Odseku za nanostrukturne materiale IJS, kjer raziskujejo možnost priprave kompozita tkanine iz vlaken silicijevega karbida, zapolnjenih z matričnim materialom iz silicijevega karbida z nanometrskimi delci. Raziskave potekajo v sodelovanju z grško asociacijo.

V okviru prvega CSA-projekta leta 2001 so se raziskovalci z Odseka za reaktorsko fiziko IJS v sodelovanju s kolegi iz italijanske

asociacije ENEA/Frascati ukvarjali s preračuni, s katerimi so preverjali nevtronske računalniške programe in obstoječe jedrske podatke. Takšna analiza je potrebna, da se zagotovi čim zanesljivejše rezultate pri načrtovanju reaktorja. Delo je uspešno potekalo in projekt so vsako leto podaljševali do letošnjega leta, ko so tovrstne raziskave postale del delovnega programa asociacije. V letošnjem letu bodo z uporabo transportnih programov (DOORS, DANTSYS) in programa za občutljivostne preračune analizirali eksperimentalne rezultate obsevanja modela tritijeve oplodne obloge z nevtroni na posebni obsevalni napravi v Frascatiju v Italiji. Z dobljenimi informacijami bodo preverili podatke za jedrske preseke v EFF (European Fusion Files). Obširno znanje in izkušnje na področju jedrske tehnike in reaktorske fizike na IJS pa želimo še bolj izrabiti pri raziskavah in razvoju na področju fuzije. Tako so sodelavci Odseka za reaktorsko fiziko ponudili v sofinanciranje raziskave nevtronskega polja in aktivacije komponent za prvo steno fuzijskega reaktorja ITER. Prvi namen dela je z izračuni določiti atenuacijske lastnosti nevtronskih ščitov, drugi pa določiti aktivacijo oplojevalnih oblog in ščitov, tako računsko kot tudi z eksperimentalnim obsevanjem v reaktorju TRIGA.

V Laboratoriju za računalniško podprto konstruiranje LECAD na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani bodo po vsej verjetnosti pridobili dva projekta. V okviru prvega bodo za magnetni sistem novega stelaratorja Wendelstein 7-X, ki ga gradijo v Greifswaldu v Nemčiji, izdelali računalniški model (ANSYS 3D) za podporni element

med dvema tuljavama. Nato bodo analizirali celotno strukturo elementa glede na načrtovane obremenitve. V okviru drugega projekta bi izdelali in preiskusili posebno orodje za lokalno izdelavo izvrtin v sektorju vakuumske komore za ITER.

Pri vseh navedenih projektih bo letos sodelovalo skoraj 40 raziskovalk in raziskovalcev (20 FTE). Zanimanje za sodelovanje so pred kratkim pokazali tudi sodelavci Inštituta za kovinske materiale in tehnologije iz Ljubljane. Glede na njihovo znanje in opremo, ki jo imajo, lahko z gotovostjo pričakujemo, da se jim bo sorazmerno kmalu uspelo vključiti v evropski fuzijski program.

S sklenitvijo asociacijskega sporazuma smo postali tudi člani pomembnih svetovalnih odborov za področje fuzije pri Generalnem direktoratu za raziskave in drugih strokovnih ter nadzornih odborov. Posamezni vodilni raziskovalci so člani specialnih koordinacijskih teles (Plasma-Wall Interaction Task Force, Integrated Tokamak Modelling Task Force) in delovne skupine za demonstracijski reaktor naslednje generacije (DEMO).

Odrpte so tudi vse možnosti, da se aktivno vključimo v raziskave na srednje velikih (v primerjavi z ITER-jem) eksperimentalnih fuzijskih napravah v Evropi (JET, ASDEX, Wendelstein). Podpisani sporazum o promociji mobilnosti raziskovalcev to tudi finančno omogoča.

*Dr. Milan Čerček, F-8*

## ODPRTJE RAZSTAVE MILENE USENIK

*Galerija IJS, 22. marca 2005, ob 15h*

*Osrediščenost in poudarjena snovnost barve*

Že od poznih sedemdesetih let je za slikarko Mileno Usenik barva nosilnega pomena. V barve se vpisujejo slikarkini gibi, ki imajo v svojem ponavljanju skoraj obredni značaj, in razkrivajo primarno željo po označevanju in zaznamovanju. Barva je še vedno osnovni nosilec njenega ustvarjanja, pa tudi genius loci še vedno obstaja, saj istrska pokrajina ostaja slikarkina stalnica. Pri ustvarjanju slik, zasičenih z barvo, ki v debelih krepkih nanosih obvladuje platno, jo v enaki meri kot vsebina pritegujejo likovni problemi.

Velika platna slikarka naseljuje s premišljeno organizacijo likovnega polja. Široke poteze in pastozni namazi živo žarečih barvnih plasti razkrivajo čistokrven slikarski nagovor, opredeljen s temeljnimi slikarskimi izrazili. Njene slike z zabrisanimi mejami med abstrakcijo in resnično pokrajino so v začetku devetdesetih let označevali kot ekspresivno-metaforično likovno izpoved. Da gre pri teh, pogosto s širokimi potezami čopiča naslikanih delih za pokrajine, potrjuje predvsem organizacija slikovnega prostora z nekaterimi osrednjimi poudarki, predvsem z izstopajočimi oblikami, ki so nosilke simbolnega pomena – kot je recimo mak, cvet, riba... Podobe, ki so od določenega krajinskega motiva ohranile predvsem osnovne prostorske silnice in značilno barvno lestvico, odkrivajo predvsem slikarkin notranji svet oziroma njen odnos do zunanjega sveta. Cikel velikih slik, nastalih v zadnjih letih, pomeni sintezo njenih dolgoletnih izkušenj in slikanja sproščenih, a nadzorovano razgibanih kompozicij. S silno močjo pritegujoče podobe so prežarjene z življenjskostjo, z žlahtnim utripom narave, iz katerega se rojevajo z barvo in energijo nabite vizije in asociacije. Vanje je slikarka vnesla novo dimenzijo, ne samo bolj žarečo barvo in drugače poudarjeno svetlobo ter drugačno



**Milena Usenik**

kompozicijo in strukturo, temveč tudi novo vsebino, ki je vzpodbudila novo doživljanje in likovno razmišljanje. Svet teh njenih slik ni svet realnosti, ampak svetlobe in duhovnega bogastva, svet čistosti in svobode, svet, ki ga simbolno označujejo barve – kot je purpur, bela, celeste...

Zadnje slike Milene Usenik razkrivajo izmuzljivo pretočnost in nedoločnost abstraktnega in predmetnega, v kateri se realni prostor razgrajuje v abstraktno celovitost ali kjer se, obratno, prav ta pretvarja v prepoznavno. Ritem zvijuganih, vrtničasto prepletenih barvnih zamahov jo vodi k novim in novim iskanjem motivov. Barvo nalaga v plasteh, kjer spodnja plast



### 13. DNEVI JOŽEFA STEFANA

zaznamuje prihodnjo, kjer med prosojnimi in nepropustnimi nanosi nastajajo medprostorji, v katerih odmeva dvogovor izginevajočega predhodnega in prihajajočega ter njuno nenehno izmenjevanje.

O pokrajini Usenikova od nekdanj razmišlja kot o polju, kjer bivajo odgovori na zastavljena vprašanja. Slike, ustvarjene z akrili ali oljnimi barvami na platno, zahtevajo močno, najraje sončno svetlobo, in resničen dogodek, ki ga nosi v sebi, dogodek, ki jo zasleduje in pri ustvarjanju podpira. Sproščeno slikanje in nenehno ponavljanje motivov iste pokrajine, ob različnih doživetjih, prenesenih globoko v svojo notranost, jo vodi v vse večjo svobodo raziskovanja. Resnični motiv postane le še impresija in materija različnih barvnih in svetlobnih vrednot. Pri asociativnem povečevanju detajlov iz narave ali upodabljanje določenih prostorov v naravi postane pomembna notranja ubranost podobe, razvrščanje mas in občutek za prostornost, bližino in oddaljenost.

Na osnovi likovnih rešitev, ki so v desetletjih postale razpoznavne, se očitna sprememba kaže v slikarkini suverenosti in eksplozivnem naboju njenih slik. Urejanje slikovnega prostora, zasnovanega okoli osrednjega jedra, vnaša v slike novo, dramatično razsežnost. Razkošna paleta barv zaživi tako v posameznih delih kompozicije kot v celi sliki. Za doseganje ekspresivne napetosti, ki jo Usenikova ustvarja tako z načinom slikanja kakor z mojstrsko uporabo različnih svetlob, ki lahko nehote določajo občutenje ob pogledu na velike podobe, je razvila sijajne različice. Zgodba njenih slik poteka na več ravneh, ki se med seboj dopolnjujejo in vplivajo druga na drugo. Ciklus razstavljenih slik deluje kot celota, v kateri vsaka posamezna slika prikazuje določen fragment iz narave.

*Tatjana Pregl Kobe*



**Na prireditvi je igralec Brane Grubar deklamiral Rilkejeve pesmi.**

**Milena Usenik. Rojena je bila na Velikem Vrhu na Blokah. Na Akademiji za likovno umetnost v Ljubljani je leta 1965 diplomirala pri prof. Maksimu Sedeju, leta 1968 pa končala slikarsko specialko pri prof. Gabrijelu Stupici. Sodelovala je na številnih skupinskih razstavah doma in v tujini. Samostojno je razstavljala dvajsetkrat, na zadnji razstavi v ljubljanski Galeriji Equrna se je leta 2002 predstavila tudi z nizom nenaslovljenih del, ki bi jih zaradi slikarskega načina in velikosti lahko imenovali slikarske miniature. Leta 1993 je prejela Priznanje Mini prix Lucas'93 (Bled), leta 1995 pa Grand Prix na 2. bienalu Mini prix (Ljubljana). Živi in ustvarja v Logatcu in v Ljubljani.**

## PREDAVANJI PROF. JANEZA STRNADA IN PROF. MARKA MIKUŽA

*Velika predavalnica IJS, torek 22. marca in sreda 23. marca 2005*



Letos sta v okviru Dnevov Jožefa Stefana predavala prof. Janez Strnad in prof. Marko Mikuž. Predavanji sta se skladali z mednarodnim letom fizike. Prof. Strnad (na slikah levo) je predstavil različna področja fizike in njeno uporabo v vsakdanjem življenju, prof. Mikuž (na slikah desno) pa je govoril o abrahamu

CERNA- Evropske organizacije za jedrske raziskave, ki vstopa v šesto desetletje. Predstavil je sodelovanje slovenske skupine pri dosedanjem delu in govoril o njenem sodelovanju pri gradnji novega velikega hadronskega trkalnika, ki naj bi bil dokončan leta 2007.



## PODELITEV PRIZNANJ ZLATI ZNAK JOŽEFA STEFANA

*Priznanja zlati znak Jožefa Stefana podeljuje IJS za najodmevneša doktorska dela v Sloveniji v preteklih treh letih. Priznanja so prijeli dr. Marko Žnidarič, s Fakultete za fiziko in matematiko, Univerze v Ljubljani, dr. Jure Zupan in dr. Martin Klanjšek z Instituta Jožef Stefan. Slavnostni govornik na prireditvi je bil direktor Agencije za raziskovalno dejavnost dr. Franci Demšar. V nadaljevanju objavljamo njegov govor in utemeljitve priznanj nagrajencev. Na prireditvi je nastopila violinistka Anja Bukovec v spremstvu harmonikarja.*

### **Govor dr. Francija Demšarja, direktorja ARRS**

*Spoštovani nagrajenci, spoštovani direktor IJS, prof. dr. Vito Turk!*

*Trinajsti dnevi Jožefa Stefana, ob njegovi 165. obletnici rojstva, so za slovensko znanost slavnosten in radosten dogodek. Ne slavimo samo znanstvene vloge Jožefa Stefana, niti ne samo Instituta ter raziskovalcev in raziskovalk, ki so v svetu razpoznavni po njem, temveč slavimo znanstvene dosežke in uspehe, ki presegajo meje Slovenije, a so za zanjo usodno pomembni.*

*Vesel sem, da lahko ob takšnem jubileju v imenu Agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije kakor tudi v svojem imenu čestitam letošnjim dobitnikom zlatega znaka Jožefa Stefana za najodmevnejša doktorska dela v Sloveniji v preteklih treh letih: dr. Marku Žnidariču, dr. Juretu Zupanu in dr. Martinu Klanjšku. Čestitam tudi njihovim mentorjem: prof. dr. Tomažu Proseni s Fakultete za matematiko in fiziko, dr. Svjetlani Fajfer in dr. Janezu Dolinšku, obema z Instituta "Jožef Stefan".*

*Vsi trije dobitniki nagrad so fiziki. Ob svetovnem letu fizike verjetno to ni naključje, ali pač. Fizika je namreč kadrovsko in finančno najmočnejše zastopano raziskovalno področje v Sloveniji. Vzgodovini je imela fizika, podobno kot tudi kemija, pomembno, če ne celo odločilno vlogo pri razvoju slovenske znanosti, znanstvene politike in Slovenije nasploh in kot takšna še danes pomembno vpliva na naše*



**Dr. Franci Demšar**

*vsakdanje življenje. Glede na vsestranske izzive prihodnjih desetletij pa lahko zagotovo rečemo, da se bo pomen fizikalnih znanstvenih dosežkov še povečeval.*

*Dr. Svjetlana Fajfer, vodja raziskovalnega programa Teorija jedra, osnovnih delcev in polj, sicer pa mentorica dr. Jureta Zupana, današnjega dobitnika Zlatega znaka Jožefa Stefana, je za predstavitev vsebine svoje programske skupine na SICRIS-u zapisala: "Eno od kulturnih, bolj natančno, mišljenjskih izhodišč sodobne civilizacije je tudi atomska slika sveta, in obris enega od najglobljih temeljev te slike je znan kot 'standardni model' osnovnih delcev. Sodobni kulturni svet je še zlasti zainteresiran, da razpozna trdnost tega temelja in morebitno njegovo podstat, zato namenja veliko sredstev v ta namen. Za kulturni razvoj Slovenije morebiti ni nepomembno, da so med nami ustvarjalni ljudje, ki aktivno sodelujejo pri 'izkopavanju' tega temelja, kajti svet bo priznal Sloveniji le takšen kulturni nivo, kakršnega bo soustvarjala s svetom, na kakršnem bo z njim komunicirala."*

*Fiziki so/smo se tega dejstva močno zavedali. Brez odprte komunikacije do sveta in jasne odločitve države, da potrebuje fiziko in njene dosežke, bi bila današnja slika slovenske znanosti in Slovenije drugačna.*





**Nagrajenci zlatih znakov IJS: (z leve) dr. Martin Klanjšek, oče dr. Jureta Zupana, ki je v njegovem imenu sprejel nagrado, in dr. Marko Žnidarič**

*Ena od pomembnih razvojnih značilnosti fizike je bila od vsega začetka in je še vedno poudarjanje izobraževalne vloge raziskovalnega dela, ki lahko samo ob vrhunskih raziskavah odpira pot v najboljše svetovne laboratorije, od koder se lahko prenese v Slovenijo ne le najnovejše znanje, temveč tudi najnovejše tehnologije. Prepletенost raziskovanja in izobraževanja je v fiziki uspešna zgodba, ki bi se je morali v Sloveniji naučiti tudi drugi.*

*Na primer, vodja raziskovalnega programa Osnovne raziskave v fiziki prof. dr. Peter Prelovšek, sicer redno zaposlen na Fakulteti za matematiko in fiziko, dopolnilno pa na IJS, in v okviru katerega je gradil svojo raziskovalno kariero tudi dr. Marko Žnidarič, današnji dobitnik zlatega znaka Jožefa Stefana, na prvem mestu poudarja povezavo raziskav z dodiplomskim in podiplomskim izobraževanjem. Na SICRIS-u lahko preberemo: "Osnovne raziskave v fiziki omogočajo kvalitetno izobraževanje mladih strokovnjakov, ki so ključnega pomena za uvajanje novih tehnologij v slovensko gospodarstvo in s tem omogočajo njegovo konkurenčnost in preživetje." V okviru raziskav pri njegovem programu je bilo v obdobju 1999–2003 izvedenih 35 diplom, 2 magisterija in 21 doktoratov, od tega je bilo 16 doktorandov vključenih kot mladi raziskovalci v program, kar dokazuje izjemen intelektualni in razvojni potencial, ki ga daje prepletanje pedagoškega in raziskovalnega dela.*

*To je primer, kjer sta si znanost in država uspešno podali roki. Model mladih raziskovalcev je Sloveniji do sedaj prinesel že več kot 2.000 doktorjev znanosti, od katerih več kot 50 % deluje na področjih, ki niso financirana iz proračunskih sredstev za raziskave in razvoj. Nedvomen uspeh, ki se ga premalo zavedamo in ga premalo poudarjamo. Prav današnji večer nas lahko prepriča, da je takšen državno-proračunski instrument na pravem mestu. Toliko bolj, kolikor bolj se raziskovalne usmeritve tudi v aplikacijah približujejo problemom in razvojnim perspektivam slovenskega gospodarstva. Letošnji javni poziv Agencije za mentorje novim mladim raziskovalcem gre pogumno v to smer. Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo je z usmeritvami jasno opredelilo prednostna raziskovalna področja za izbiro mladih raziskovalcev, in sicer na podlagi izhodišč in usmeritev NRRP, ki so popolnoma primerljiva z evropskimi raziskovalnimi prioritetami.*

*Z demokratizacijo Slovenije in z vstopom v Evropsko unijo je ekonomska konkurenčnost postala poudarjeno osnovno gibalno družbenega razvoja - tudi znanstvenega. V mnogih primerih je slovenska znanost že močno prepletena z družbeno in gospodarsko rastjo Slovenije. Na primer, samo število aplikativnih projektov, ki jih financira Agencija, je od leta 2000 do 2004 naraslo za 60 %, število sofinancerjev teh projektov pa je v lanskem letu obsegalo kar 216 poslovnih akterjev z najmanj 25 % sofinancerskim lastnim deležem. Se pravi, več kot dvesto podjetij je že aktivno udeleženih pri razvoju in proračunskem sofinanciranju aplikativnih znanstvenih spoznanj. Še vedno premalo, a glede na devetdeseta leta, se je usmeritev obrnila in je spodbudna. Razdrobljenost sofinanciranja bo potrebno v prihodnje bolj osredotočiti na ključne razvojne in tehnološke izzive Slovenije, ki bodo z nastajajočim Nacionalnim raziskovalno-razvojnimi programom in drugimi državno strateškimi dokumenti jasno vodilo tudi Agenciji pri usmerjanju proračunskih sredstev za znanost.*

*Sodelovanje znanosti s podjetništvom je močno tudi tam, kjer si nepoznavalec sploh*

ne bi mislil. Današnji dobitnik zlatega znaka Jožefa Stefana dr. Martin Klanjšek prihaja iz programske skupine akad. prof. dr. Roberta Blinca, ki lahko kljub bazični raziskovalni naravnosti pokaže precej aplikativno razvojnih dosežkov, kot na primer raziskovalno sodelovanje s podjetjem Balder pri razvoju nove generacije elektrooptičnih varilskih očal, sodelovanje z Gorenjem, pomoč pri razvoju dentalnih in gradbenih cementov kakor tudi razvoj nove metode za detekcijo min in eksplozivov....

Letošnji javni razpis za raziskovalne projekte bo za krepitev tega področja že prinesel nove tematsko usmerjene raziskovalne projekte s ciljem večjega osredotočanja raziskovalnega dela na ključnih razvojnih usmeritvah Slovenije. Prinesel pa bo tudi novo, bolj uravnoteženo vrednotenje znanstvenoraziskovalnega in razvojnega dela, ki kaže svoje obrise tudi pri metodologiji ocenjevanj mentorjev za mlade raziskovalce.

Če smo pred leti močno poudarjali čiste kazalce znanstvene uspešnosti, kot na primer članke v najboljših svetovnih revijah in knjige pri najboljših mednarodnih založbah, tega nismo počeli kar tako. Zavedali smo se, in se še, s selekcijo in izločitvijo nekvalitetnih del v COBISS-u (pri ocenjevanju raziskovalnih rezultatov) pa bo to postala raziskovalna samoumevnost, da samo kvalitetni raziskovalni rezultati z mednarodno preveritvijo pomenijo znanost kot sebi lastno kulturo, ki jo moramo imeti, če hočemo z znanstvenimi rezultati kaj



**Na prireditvi je nastopila violinistka Anja Bukovec v spremstvu harmonikarja.**

početi tudi zunaj znanosti. Rezultat je bil pričakovan. Obseg kvalitetnih znanstvenih rezultatov se je povečal, in to skoraj najhitreje v Evropi. To nam priznavajo tudi drugi, in učinke takšne znanstvene politike smo lahko dobro vnovčili zlasti v okviru evropskih okvirnih programov. Sedaj moramo z enako odločnostjo in zavzetostjo uveljaviti tudi razvojne kazalce znanstvenega dela. Že sedaj jih ni malo, a so še vedno podcenjeni in nekako skriti. Na primer, pri evalvaciji predlogov raziskovalnih programov v letu 2003 je kar 80 % vodij raziskovalnih programov v okviru navedbe petih najboljših dosežkov navedlo publicistične dosežke, članke, knjige, poglavja v knjigah, organiziranje znanstvenih konferenc, urednikovanje... in le manj kot 10 % vodij je navedlo tudi dosežke iz prenosa znanja v prakso. To ne pomeni, da teh dosežkov ni. Nasprotno. Obstajajo, a so potlačeni, ker je pogled predlagateljev vlog za sofinanciranje določen z dominantnostjo publicističnih kazalcev. Ti so pogoj in določajo znanstvenost raziskav, ki morajo biti vedno ostrejši. A zaradi tega razvojni dosežki ne morejo ostati na drugi ravni in v evalvacijski praksi zapostavljeni. Agencija je normativno uvrstila razvojne kazalce na enako raven kot znanstvene. V praksi bo Agencija te kazalce poudarjala in jih uporabljala za ocenjevanje mentorjev, programov, projektov. Prenos znanja ne sme ostati le politična, normativna in, ali celo, ideološka fraza, temveč bo v naslednjih letih postala realen in učinkovit kazalec ne le merjenja, temveč zlasti usmerjanja znanstvenoraziskovalne dejavnosti v Sloveniji.

Na Agenciji se zavedamo usmerjevalne funkcije evalvacijskih kazalcev. Zato upravičeno pričakujemo, in kot direktor Agencije bom naredil vse, da se bo v naslednjih letih povečala stopnja znanstvene integriranosti v ključne razvojne in tehnološke izzive države Slovenije in da bodo razvojni dosežki slovenske znanosti pripomogli h kvalitetnejšemu in bogatejšemu življenju v Sloveniji.

Cenjeni nagrajenci, mentorji .... želim vam prijeten večer.

## UTEMELJITVE ZLATIH ZNAKOV

dr. MARTIN KLANJŠEK



Dr. Martin Klanjšek

Zlati znak Jožefa Stefana št. 35 prejme za uspešnost in odmevnost doktorskega dela "Fizikalne lastnosti ikozaedričnih aluminijevih kvazikristalnih zlitin" na predlog prof. Janeza Dolinška.

Doktorsko disertacijo je uspešno zagovarjal 23. 11. 2004 na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. V svojem doktorskem delu je Martin Klanjšek razvil dva nova načina reševanja odprtih problemov fizike kvazikristalov. V primeru periodičnih kristalov je ob poznanju strukturnih faktorjev mogoče strukturo popolnoma določiti že na osnovi sipanja rentgenske svetlobe in elektronov, saj osnovna celica vsebuje končno mnogo atomov. Kvazikristali nimajo osnovne celice, tako da mora vsak poskus določitve strukture potekati na osnovi vnaprej postavljenega modela z nekaj prostimi parametri. Z uporabo modelov, ki v glavnem temeljijo na periodičnem opisu kvaziperiodične strukture v šestdimenzionalnem prostoru, so v poznanih kvazikristalih doslej uspeli razvozlati velik del strukture, lege manjšega dela atomov pa še niso natančno znane. Eno izmed zanimivih odprtih vprašanj se tako tiče porazdelitve neekvivalentnih mrežnih mest v kvazikristalni strukturi. Pri reševanju tega vprašanja za

primer ikozaedričnih kvazikristalov se je Martin Klanjšek oprl na meritve kvadropolno perturbiranega NMR-spektra jeder  $^{27}\text{Al}$ . Skupaj s sodelavci je z zelo natančnimi meritvami opazil, da ima izmerjeni spekter blago kotno odvisnost pri spreminjanju orientacije vzorca glede na smer zunanega magnetnega polja. Na podlagi te kotne odvisnosti je bil sposoben razvozlati nekatere lastnosti porazdelitve lokalnih mrežnih okolic. S tem je začel obravnavati problem določitve strukture ikozaedričnih kvazikristalov na način, komplementaren drugim že znanim prijemom. Drug nov prijem je Martin Klanjšek uporabil v zvezi s problemom interpretacije meritev spinsko mrežne relaksacije v strukturno kvalitetnih in zato električno slabo prevodnih vzorcih ikozaedričnih kvazikristalov. Namesto da bi kvazikristale obravnaval kot navadne kovine in s tem na spinsko mrežno relaksacijo gledal z uveljavljenega stališča, je zanj razvil model, ki upošteva skakanje prevodniških elektronov preko hirarhično porazdeljenih ikozaedričnih skupkov in obravnava kvazikristale kot polprevodnike. Rezultati določitve gostote stanj polprevodniških elektronov v kvazikristalih z nuklearno magnetno resonanco so bili uporabljeni pri razvoju novih kvazikristalnih prevlek v okviru 5. okvirnega EU – projekta »Smart Quasicrystals« na Institutu "Jožef Stefan".

Kandidat je svoje raziskave objavil v 13 publikacijah v uglednih mednarodnih revijah, od tega 8 v reviji *Physical Review B*. Kandidatovo delo je citirano v mednarodni literaturi 47-krat.

Za rezultate raziskav v doktorskem delu se zanima tudi slovenska industrija v zvezi z razvojem in izdelavo trdih prevlek iz kvazikristalov z zmanjšanim trenjem, manjšo obrabo in brez pojava hladnega varenja v vakuumu.

dr. JURE ZUPAN

Zlati znak Jožefa Stefana št. 36 prejme za uspešnost in odmevnost doktorskega dela



“Kiralne korekcije v elektrošibkih procesih s težkimi mezoni” na predlog prof. Svjetlane Fajfer.

Doktorsko disertacijo je uspešno zagovarjal 27. 11. 2002 na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Disertacija dr. Zupana spada na področje teoretske fizike elementarnih delcev. Osnovna ideja dela je ugotoviti, ali se lahko z eksperimentalnimi raziskavami redkih razpadov čarobnih mezonov dobi eventualne signale o novi fiziki zunaj standardnega modela. Le-ta se ujema z rezultati meritev fizike visokih energij in vsebuje dosedanje znanje o osnovnih gradnikih snovi in osnovnih silah med njimi. Uspešen je pri opisu močne in elektrošibke interakcije, ne vključuje pa gravitacije. Z izračunom kiralnih korekcij v elektrošibkih procesih s težkimi mezoni je kandidat skušal oceniti možnost dodatnih efektov, ki bi kazali na obstoj fizike zunaj standardnega modela. Kandidat je opravil račune tako v okviru standardnega modela kot v njegovi minimalni supersimetrični razširitvi. Delo odpira nove možnosti pri iskanju signalov nove fizike. Rezultati raziskav, predstavljeni v doktorski disertaciji, so objavljeni v 10 uglednih mednarodnih revijah in publikacijah. Doktorska disertacija se v celoti v angleškem jeziku nahaja v arhivu v Los Alamosu. V bazi knjižnice SPIRES Standfordske univerze so dela, ki se nanašajo na doktorsko disertacijo citirana 85-krat. Najbolj citirani članek ima 20 citatov.

Rezultati dela so pomembni za delo eksperimentalnih skupin na področju fizike osnovnih delcev.

#### **dr. MARKO ŽNIDARIČ**

Zlati znak Jožefa Stefana št. 37 prejme za uspešnost in odmevnost doktorskega dela “Stabilnost kvantne dinamike” na predlog prof. Tomaža Prosenca.

Doktorsko disertacijo je uspešno zagovarjal 11. 6. 2004 na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Delo je s področja kvantne informacije in kvantnega kaosa. Je teoretičen način razumevanja stabilnosti kvantnih dinamičnih sistemov pod vplivom malih motenj v hamiltonki oziroma v

unitarnem časovnem propagatorju. Pri tem je vodilni problem kvantna zvestoba. Dr. Žnidarič je ugotovil, da je le-ta tem večja, čim hitreje pojemajo časovne korelacije generatorja motnje. Pomembna je tudi ugotovitev, da so sistemi, ki so kaotični v klasični limiti, v kvantni mehaniki bolj robustni na zunanje motnje kot pa regularni. Ta osnovni teoretični rezultat je dr. Žnidarič uporabil za načrtovanje kvantnega algoritma, ki je kar najmanj občutljiv za motnje. Treba je omeniti še sklop rezultatov študija kvantne zvestobe v sistemih, motenih s perturbacijo z ničelnim časovnim povprečjem.

Rezultati so originalen prispevek k osnovnemu znanju o stabilnosti kvantnih sistemov in po tem spadajo v samo osnovo kvantne mehanike. Posebej pa je treba poudariti pomen rezultatov za načrtovanje kvantnih računalnikov, ki spada med enega izmed najzanimivejših tehnoloških izzivov.

Rezultati dela so objavljeni v 10 člankih v vodilnih svetovnih revijah, ki so izredno odzivni: 86 citatov v slabih štirih letih. Odmevnost je še posebej izražena v sporočilu za tisk, ki ga je po medmrežju objavil urednik New Journal of Physics ob objavi članka o zamrznitvi kvantne zvestobe (New J. Phys. 5 (2003), 200), v katerem je poudarjena velika potencialna pomembnost omenjenega dela ter v izbiri slike iz članka za naslovnico številke revije Journal of Physics, kjer je bil objavljen.



**Dr. Marko Žnidarič**

## DAN ODPRTIH VRAT

Četrtek, 24. marec 2005, od 9h do 14h

Tudi v okviru letošnjih Stefanovih dnevov je institut 24. marca, ravno na obletnico rojstva Jožefa Stefana, odprl svoja vrata, ko so si obiskovalci lahko ogledali dejavnosti, delo in dosežke posameznih odsekov. Za lažjo koordinacijo obiskovalcev in pri izbiri ogledanih odsekov jim pomagajo vodiči. Tudi letošnje leto so to vlogo prevzeli predvsem mladi raziskovalci s posameznih odsekov. Na prošnjo se je odzvala večina odsekov, tako da je bilo število vodičev dovolj veliko.

Ob dnevu odprtih vrat se je letos predstavilo 16 odsekov. Obiskalo jih je okoli 200 obiskovalcev, približno polovica teh si je ogledala tudi delovanje Reaktorskega centra v Podgorici, kjer je bil predstavljen pospeševalnik, reaktor Triga in tudi skladišče srednje- in nizkoradioaktivnih odpadkov. Okoli 100 obiskovalcev si je ogledalo zgolj dejavnosti v Podgorici. Za prevoz obiskovalcev sta bila organizirana dva brezplačna avtobusa, ki sta odpeljala obiskovalce s parkirišča izpred glavne stavbe na Jamovi do reaktorja in nazaj.

Večina obiskovalcev je bila s predstavitvami zelo zadovoljna ter so jih predstavljene dejavnosti in dosežki in eksperimenti zelo navdušili. Vendar je bilo glede na leto prej obiskovalcev precej manj, čeprav so k velikemu številu obiskovalcev lani prispevali predvsem učenci in dijaki z različnih šol iz vse Slovenije v okviru naravoslovnih dni. Razveseljivo pa je, da si je prišlo ogledat



Ogled laboratorijev



Obiskovalci pred vhodom

institut kar nekaj dijakov, ki jih naravoslovje posebej zanima in ki so prišli – kot so povedali sami – samoiniciativno.

Večina odsekov se je pripravila na dan odprtih vrat. Tudi vsi dogovori in koordinacija so tekli brez težav. Vendar je bilo ponekod čutiti, da so precej nezainteresirani za ta dan. Razumljivo je, da teče eksperimentalno raziskovalno delo ne glede na prisotnost obiskovalcev in da ima marsikateri raziskovalec ravno na ta dan nujno delo in ne more sodelovati. Vendar je to dan, ko institut kot ugledna nacionalna znanstvena in raziskovalna ustanova prikaže svojo dejavnost kar najširšemu krogu ljudi in ko se predstavijo vsi odseki hkrati. Obiskovalci dobijo ob predstavitvah različne vtise in na podlagi teh širijo mnenje o Institutu v svoji okolici. S tem si kroji institut odnos družbe do raziskovalnega dela in znanosti. Vsi, ki so prispevali k dnevu odprtih vrat, predvsem pa tisti, s katerimi so imeli obiskovalci neposreden stik, so ambasadorji ugleda tega instituta. Zato dneva odprtih vrat ne bi smeli zanemarjati, temveč ga posebej skrbno pripraviti, o čemer sem po nekaterih videnih predstavitvah prepričan. Navsezadnje ravno priprava dneva odprtih vrat najboljše odslkava odnos Instituta (in s tem seveda raziskovalcev) do javnosti oziroma družbe.

Nazadnje bi se rad še enkrat zahvalil vsem, ki so pomagali oz. omogočili, da je potekal dan odprtih vrat gladko in brez težav.

Dr. Igor Štern

## ODKRITJE SPOMENIKA MILANU OSREDKARJU

Četrtek, 24. marec 2005, ob 15h

**GOVOR DIREKTORJA OB ODKRITJU  
SPOMENIKA PROF. DR. MILANU  
OSREDKARJU (24. 3. 2005)**

Stefanovi dnevi potekajo v tednu, ko je bil rojen veliki slovenski fizik Jožef Stefan in po katerem s ponosom nosi ime naš Institut. To je teden, v katerem se posebej spomnimo dosežkov znanosti pa tudi tistih osebnosti, ki so na tem družbeno izjemno pomembnem področju veliko prispevali k uveljavitvi znanja kot nujne komponente za ekonomski napredek našega naroda in države Slovenije. Med take osebnosti nedvomno spada naš dolgoletni in spoštovani direktor prof. dr. Milan Osredkar. Njegov prispevek pri postavitvi znanstvenih inštitutov v Sloveniji po končani drugi svetovni vojni in utemeljevanju pomena in vloge znanosti pri nas ter uveljavljanju naše države po osamosvojitvi ga uvršča med tiste velike Slovence, katerih dela potrjujejo njegovo izjemno osebnost. Zato smo se danes zbrali na tem mestu, da se s skromno slovesnostjo in postavitvijo spomenika, oddolžimo našemu sodelavcu in učitelju, spoštovanemu direktorju, vzorniku in prijatelju, profesorju doktorju Milanu Osredkarju. Današnji dan, 24. marec, je tudi dan, ko se je rodil veliki fizik Jožef Stefan, ter umrl naš prvi direktor in ustanovitelj Instituta – profesor Anton Peterlin.



Na prireditvi se je zbralo precejšnje število ljudi.

Le na kratko bom povedal nekaj o njegovem bogatem življenju.

Milan Osredkar se je rodil 19. 10. 1919 v družini, ki je imela 5 sinov. Študiral je elektrotehniko na Tehniški fakulteti. Študij je prekinila vojna. Vsem nam je znana njegova vloga pri ilegalni radijski postaji OF »Kričač«, ki je bila prva uporniška radijska postaja v zasedeni Evropi. Bil je zaprt v taborišču Gonars, po kapitulaciji Italije pa se je pridružil partizanom ter deloval v Brdih in Zahodni Benečiji. Po končani vojni je nadaljeval študij, diplomiral iz fizike, magistriral iz jedrske tehnike na Univerzi v New Yorku in doktoriral 1958 na Univerzi v Ljubljani. Takoj nato je odšel v Mednarodno agencijo za jedrsko energijo na Dunaj, kjer je bil nazadnje direktor Oddelka za jedrske reaktorje. Po vrnitvi z Dunaja je postal 1963. leta direktor našega Instituta vse do 1975. leta, ko je postal član Izvršnega sveta ter prvi predsednik Republiškega komiteja za znanost – danes bi temu rekli slovenski minister za znanost. Bil je tudi redni profesor Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani. Bil je strokovnjak za varnost reaktorjev ter je vodil študij 3. stopnje iz nuklearne tehnike in predmet »Reaktorska tehnika« vse do 1989. leta, ko se je na Fakulteti upokojil.

Že nekaj let po vojni se je vključil v program postavitve različnih raziskovalnih inštitutov in 1952. leta tudi prišel na današnji Institut »Jožef Stefan«, kjer je bil pomočnik upravnika. Že iz tiste dobe, pa tudi malo prej, je prišlo do sodelovanja med njim in našim prvim direktorjem – profesorjem Antonom Peterlinom. Naj ob tem še omenim, da je bil prav Milan Osredkar tisti, ki je privabil profesorja Peterlina po več kot desetletni odsotnosti na Institut. Znano je namreč, da odhod prof. Peterlina z Instituta ni bil ravno po njegovi želji. Prav po njegovi zaslugi je potem prof. Peterlin postal redni obiskovalec Instituta in tudi njegov prvi častni član.

Prof. Milana Osredkarja je narava obdarila z izjemnimi darovi, saj je celo v mladosti



študiral violončelo na glasbeni akademiji, poleg elektrotehnike. Za uspešno kariero pa je potrebna poleg talenta tudi izjemna volja in predanost trdemu delu. Vse to je bilo združeno v osebi Milana Osredkarja. Z vsem žarom in le njemu lastno energijo, ki smo jo njegovi sodelavci poznali in občutili, se je posvetil znanosti, njenim problemom ter iskanju poti za utemeljitev znanosti in njene vloge kot ključne komponente pri razvoju Slovenije. Zavedal se je, da je le odlično znanost, prepoznavno v svetu, možno vključevati in izrabljati v korist gospodarstva.

Ključen je tudi njegov prispevek pri vpeljevanju pojma »mladega raziskovalca« na Institutu "Jožef Stefan" v 60. letih prejšnjega stoletja, ki je po dvajsetih letih 1985. leta dobil tudi zakonsko osnovo v projektu "2000 mladih raziskovalcev", in ta program teče tudi danes. Izjemna je bila njegova vloga pri preprečevanju poskusa uvajanja t. i. TOZD-ov na Institut "Jožef Stefan". Zapisal je: »Le z največjo trdoživostjo je uspelo z argumenti dokazati škodljivost delitve Instituta in strokovnega zapiranja v TOZD-e, da je to v nasprotju z naporji in potrebami za interdisciplinarnost, dokazati, da je to nesmiselno povečanje navidezno "samoupravnih" formalizmov v nasprotju z delovanjem na strokovni ravni.« Tako razmišljanje in odločitve so prispevale k temu, da je končal funkcijo direktorja ter bil »imenovan« za ministra in, kot mi je večkrat rekel, so bila to zanj osebno 4 leta bolj ali manj izgubljenega časa. Marsikomu tudi ni znano, da je prof. Osredkar po prevzemu direktorskega mesta zahteval prekinitev preverjanja zaposlenih od takratnih ustreznih služb in prevzel za to osebno odgovornost.

Poznejši razvoj in primeri posameznih inštitutov so pokazali, da so bile odločitve prof. Milana Osredkarja odločilne, in njemu smo hvaležni, da je Institut kot tak obstal in se še bolj uspešno razvijal. Že 1969. leta pa je rekel, ob 20. obletnici nastanka Instituta: "Jasno je, da je razvita znanost sama po sebi pogoj za nadaljnji razvoj, podobno kot je bila včasih pismenost. Prav tako je danes jasno, da je znanost nepogrešljivi del narodne kulture,

tiste kulture, ki poleg drugih faktorjev daje človeškim skupinam značaj narodnosti."

Dejal je tudi: "Zaradi materialnih težav, s katerimi se večno bori naša družba, je žal velikokrat prevladovalo prepričanje, da je že samo s politiko zmanjševanja sredstev mogoče doseči, da bo izraba sredstev boljša, smotrnejša in uspešnejša." Ta zmota odgovornih se še danes pogosto pojavlja, čeprav je jasno, da v razvitem svetu delajo ravno nasprotno in izjemno povečujejo sredstva za raziskave in razvoj. To je danes tudi politika Evropske skupnosti o družbi, temelječi na znanju.

Profesor Osredkar je dal neizbrisen pečat Institutu. Dolga leta, vse do 1992. leta, je vodil Komisijo za izvolitve raziskovalcev ter s tem učinkovito skrbel za njihovo kvaliteto pa tudi razvoj. S svojimi zamislimi in njemu lastno kreativnostjo je tako postavil temelje delovanja Instituta "Jožef Stefan" kot vrhunske domače in mednarodno ugledne znanstveno-raziskovalne ustanove na področju naravoslovnih in tehniških znanosti. Ob 50-letnici Instituta je tudi uredil knjigo »Pripovedi o IJS«, ki zajema vso zgodovino nastanka Instituta do začetka 90-ih let. Za svoje delo je prejel tudi priznanje "Častni člana Instituta", "Častni meščan Ljubljane" in najvišje odlikovanje "Zlati časti znak Republike Slovenije".

Naš direktor prof. dr. Milan Osredkar je bil izjemno pogumen in pokončen človek, ki je vedno sprejemal odgovornost za svoje odločitve, četudi niso bile v skladu s trenutno modno politično linijo. Zato smo ga brezmejno cenili vsi tisti, ki smo ga poznali ter z njim sodelovali ter se nanj zanesli. Naj bo zato ta skromna oddolžitev spominu Milana Osredkarja izraz hvaležnosti za vse, kar je storil za naš Institut ter slovensko znanost. Postavitev spomenika Milanu Osredkarju ob Antonu Peterlinu pa simbolizira njuno povezanost ob graditvi Instituta "Jožef Stefan" ter njune človeške odnose, ki so trajali vse do Peterlinove smrti 1993. Življenjska pot Milana Osredkarja pa se je iztekla še ne tako dolgo, 8. aprila 2003. Danes, 24. marca 2005, bomo ob koncu slovesnosti odkrili spomenik spoštovanemu direktorju prof. dr. Milanu Osredkarju.

#### *Govor akademika Gabrijela Kernela ob odkritju spomenika profesorju dr. Milanu Osredkarju*

Razvoj Instituta "Jožef Stefan" je vse od začetka tesno povezan z osebnostjo prof. Milana Osredkarja. Kljub svoji izjemni družbeni angažiranosti, zlasti pri organizaciji znanstvenega dela v Sloveniji in Jugoslaviji, je v kratkem času postal eden vodilnih strokovnjakov s področja reaktorske fizike. Diplomiral je leta 1954 kot prvi fizik novo ustanovljene smeri Tehnična fizika. Magisterij, ki ga je leta 1956 zaključil na njujorški univerzi, in doktorat na ljubljanski univerzi sta posvečena iskanju načinov za povečanje fluksa termičnih nevtronov pri raziskovalnih reaktorjih. Druge njegove raziskave so povezane s študijem kritičnosti v homogenih reaktorjih, s sipanjem termičnih nevtronov v snovi in varnostjo jedrskih reaktorjev. O ugledu, ki ga je užival v strokovnih krogih, pričajo številna imenovanja na visoke položaje v mednarodnih organih, ki so se ukvarjali s problematiko jedrskih reaktorjev.

Veliko svoje energije in vpliva je usmeril v razvoj znanosti v Sloveniji. Profesor Osredkar je ostro nasprotoval tezi, ki se znova in znova pojavlja med ideologi znanstvene politike, po kateri naj bi država usmerjala znanost. Zagovarjal je avtonomijo univerze in institutov. Teh svojih načel se je držal tudi med dolgoletnim vodenjem Instituta "Jožef Stefan": pustil je, da so se uspešne skupine samostojno razvijale; pomagal pa je, ko se je kje zataknilo.

Institut je od svojega nastanka naprej doživljal vrsto metamorfoz. Nastal je kot Fizikalni institut SAZU po sovjetskem vzoru. Njegovi začetki niso bili lahki. Že nabava najbolj osnovne domače opreme in materiala je bila v planskem gospodarstvu skoraj nemogoča. Profesor Osredkar si je moral pri Borisu Kidriču izboriti posebno dovoljenje, da je lahko v tovarnah dobil material, ki ni bil predviden v planskem načrtu. Institut je bil od vsega začetka pod zvezno upravo in se je leta 1959 preimenoval v "Nuklearni inštitut J. Stefan". Postopoma so se uveljavljale raziskave, ki s pridevnikom "nuklearni" niso imele nič skupnega. Hkrati se je proti koncu



šestdesetih let delež zveznih sredstev zmanjšal, kajti navdušenje nad jugoslovanskim jedrskim programom je usahnilo. K sreči so bila preostala zvezna sredstva preusmerjena na republiko, institut pa je dobil ponovno ime, ki ga nosi še danes.

Nam, ki smo prišli na institut skoraj desetletje po njegovi ustanovitvi, se z organizacijskimi težavami ni bilo treba ukvarjati in smo se lahko intezivno posvetili raziskovalnemu delu. Prof. Milan Osredkar je skrbel, da se je institut stabilno razvijal, kljub spreminjajočim se zunanjim pogojem, in se čedalje bolj uveljavljal v mednarodnem prostoru.

V veliki meri je njegova zasluga, da je postal osrednja slovenska ustanova na področju naravoslovnih znanosti in da razpolaga z nekaj laboratoriji, ki spadajo med vrhunske v svetu. Upamo, da bo mladim rodovom uspelo obdržati in obogatiti dediščino profesorja Milana Osredkarja.

## PODELITEV PRIZNANJ MLADIM RAZISKOVALCEM

*Petek, 25. marec, 2005 ob 13h*

*Nagrade so podelili mladi raziskovalcem, ki so v preteklem letu zaključili doktorska ali magistrska dela na inštitutu. Na prireditvi sta nastopila kitarist Saša Olejnik in flavtist Boštjan Gombač. V nadaljevanju objavljamo seznam magistrantov in doktorantov.*

### **Doktoranti:**

1. dr. Zoran ARSOV
2. dr. Jan BABIČ
3. dr. Klemen BUČAR
4. dr. Tina CIRMAN
5. dr. Marko FONOVIČ
6. dr. Marko GIACOMELLI
7. dr. Petra GOLJA
8. dr. Benjamin GORINŠEK
9. dr. Boštjan HAUPTMAN
10. dr. Damijan JANC
11. dr. Peter JEGLIČ
12. dr. Saša JENKO KOKALJ
13. dr. Gregor KANDARE
14. dr. Branko KAVŠEK
15. dr. Martin KLANJŠEK
16. dr. Aleksandra KOCIJAN



**Prireditev je vodila Betka Šuhelj.**

17. dr. Tilen KOKLIČ
18. dr. Marko KOVAČ
19. dr. Igor LENGAR
20. dr. Darja MAZEJ
21. dr. Anita PRAPOTNIK
22. dr. Vesna ŠROT
23. dr. Igor ŠTERN
24. dr. Polona TAVČAR
25. dr. Boris ZMAZEK
26. dr. Andrej ZORKO
27. dr. Kristina ŽUŽEK ROŽMAN



**Kitarist Saša Olejnik in flavtist Boštjan Gombač med nastopom**

### **Magistri:**

1. mag. Janez BRANK
2. mag. Tjaša KANDUČ
3. mag. Peter KOROŠEC
4. mag. Gregor KOSEC
5. mag. Sabina RABZELJ
6. mag. Anita ŠTREKELJ
7. mag. Dejan TINTA
8. mag. Tjaša URBIČ
9. mag. Sebastjan ZORZUT



## ZNAMKA JOŽEFA STEFANA - ODMEVI

Glede na prispevek nekdanjega urednika Novic IJS, Marjana Krofliča, v katerem je predstavil znamko Jožefa Stefana, ki jo je izdala Republika Avstrija ob 170-letnici njegovega rojstva, nam je prof. dr. Marija Vilfan sporočila, da je tudi Pošta Slovenije že pred leti izdala njegovo znamko. Znamka je izšla leta 1993 ob 110. obletnici Stefanove smrti v zbirki Znamenite osebnosti. Morda še kot zanimivost: znamko je oblikoval Janez Suhadolc po doprsem kipu kiparja Savinška in je bila natisnjena v velikosti 40,32 mm × 28,80 mm.



Znamko pa lahko najdete tudi na spletnih straneh Pošte Slovenije; <http://www.posta.si/Namizje.aspx?tabid=213&artikelid=2784>.

*dr. Polona Umek*

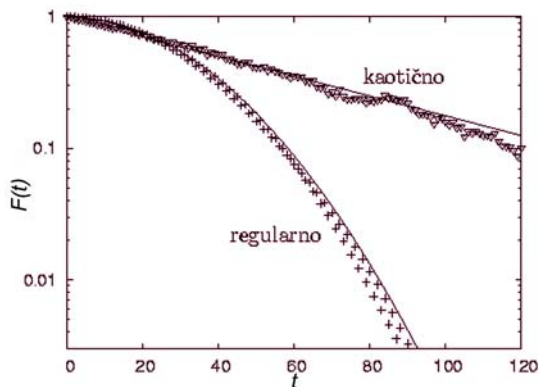
## PRISPEVKI

### STABILNOST KVANTNE DINAMIKE

*dr. Marko Žnidarič, Universität Ulm, Nemčija*

Z razvojem eksperimentalnih tehnik, ki omogočajo poskuse s kvantnimi sistemi, je postalo pomembno razumeti, kako so ti sistemi občutljivi za motnje iz okolice. Kako se torej dinamika sistema spremeni ob prisotnosti majhnih (neželenih) motenj? Količina, ki meri stabilnost sistemov za motnje je t. i. *zvestoba* (ang. fidelity). Zvestoba  $F(t)$  nam pove, koliko se dve stanji sistema  $\psi_0(t)$  in  $\psi_\delta(t)$  po času  $t$  razlikujeta, če pri obeh štartamo iz enakega začetnega stanja  $\psi(0)$ , pri tem pa dobimo stanje  $\psi_0(t)$  z nemoteno evolucijo, stanje  $\psi_\delta(t)$  pa z moteno. Kvantno zvestobo tako formalno zapišemo kot prekrivalni integral motenega in nemotenega stanja,  $F(t) = |\langle \psi_0(t) | \psi_\delta(t) \rangle|^2$ . Podobno lahko definiramo tudi klasično zvestobo, ki nam poda stabilnost klasičnih sistemov. Če se moteno in nemoteno stanje ne razlikujeta, je zvestoba  $F(t)=1$ , sicer je manjša. Čim manjša je zvestoba, tem bolj je sistem občutljiv za

motnje. Kot nazoren primer si lahko ogledamo t. i. metuljni pojav, s katerim popularno ponazorimo občutljivost kaotičnih sistemov za spremembe začetnih pogojev. Zgodba gre takole: že majhna sprememba začetnih pogojev, npr. zamah metulja s krili na drugem koncu sveta, lahko povzrči velike spremembe v stanju sistema po zadosti dolgem času, npr. nastanek orkana. V obeh primerih so zakoni gibanja enaki. Opišemo jih lahko z isto Hamiltonovo funkcijo  $H$  (Hamiltonova funkcija nam poda sile med vsemi deli sistema in enolično določi evolucijo), majhna razlika je le v začetnih pogojih. Pri zvestobi nas nasprotno zanima občutljivost za spremembe v dinamiki. Začetno stanje je enako, torej nobenega zamaha metulja s krili, razlikuje pa se dinamika (zakoni gibanja). V enem primeru je evolucija dana z nemoteno Hamiltonovo funkcijo  $H_0$ , v drugem pa z moteno  $H_\delta = H_0 + \delta V$ . Razlika med obema je v motnji  $V$  z jakostjo  $\delta$

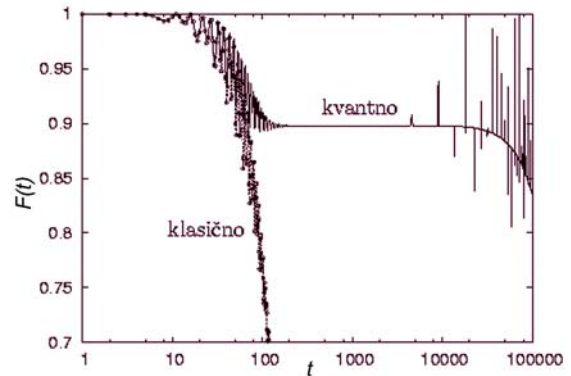


**Slika 1:** Numerično izračunana kvantna zvestoba (simboli) v odvisnosti od brezdimenzijskega časa za regularno in kaotično dinamiko. Polne krivulje so teoretične napovedi. Kaotični kvantni sistem je bolj stabilen kot regularni.

Na prvi pogled se zdi, da bosta oba merila, občutljivost za spremembo začetnih pogojev in občutljivost za spremembo dinamike, dala enake rezultate. To je res le za klasično mehaniko, v kvantni teoriji je stvar popolnoma drugačna. Zanimiva vprašanja npr. so, kako je kvantna zvestoba  $F(t)$  odvisna od motnje  $V$ , jakosti  $\delta$  časa  $t$  ...

Glede na fundamentalni pomen zvestobe bi morda pričakovali, da ima za sabo že dolgo zgodovino. Pa to ni tako, ravno nasprotno. Skoraj vse znanje o zvestobi smo pridobili v zadnjih štirih letih. Pri tem sva aktivno vlogo igrala tudi s Tomažem Prosenom, ki je bil tudi mentor pri mojem doktoratu [1]. To, da pred letom 2000 ni praktično noben študiral zvestobe, svetla izjema je članek že pokojnega A. Peresa [2], je zelo presenetljivo. Da bi vedeli zakaj, se je treba vrniti kar nekaj let v preteklost, v čase Jožefa Stefana.

V drugi polovici 19. stoletja je bil Stefan direktor Fizikalnega inštituta na Dunaju, enega izmed središč tedanje fizike. Med drugim je bil tudi mentor pri doktoratu Ludwiga Boltzmanna. Leta 1872 je Boltzmann objavil svoj entropijski zakon, ki pravi, da lahko entropija sistema s časom le narašča [3]. To naraščanje entropije je v navideznem nasprotju z mikroskopskimi zakoni, ki so reverzibilni. Če je neki potek dogodkov rešitev enačb gibanja, potem je tudi



**Slika 2:** Numerično izračunana zvestoba v odvisnosti od brezdimenzijskega časa v primeru zamrznitve za regularno dinamiko. Polna krivulja, ki je konstantna med  $t = 100$ - $10\,000$ , je kvantna zvestoba. Krogci, povezani s črtno črto, pa je klasična zvestoba, kjer ni zamrznitve.

nasproten potek, ko čas "teče" nazaj, tudi možna rešitev enačb gibanja. Torej, če pade kozarec na tla in se razbije, potem je tudi nasproten potek možen, črepinje se na tleh sestavijo in "skočijo" nazaj na mizo. Takega dogodka seveda še nikoli ni nihče opazil, kar nam ravno pripoveduje entropijski zakon, razbit kozarec na tleh ima večjo entropijo kot pa cel kozarec na mizi. Ta, tako imenovani paradoks ireverzibilnosti po navadi pripisujejo Josefu Loschmidtu, ki ga je bežno omenil na koncu članka leta 1876 [4]. Prva zapisana omemba paradoksa pa ni bila Loschmidtova, temveč jo je objavil William Thompson (pozneje Lord Kelvin) leta 1874 [5]. Thompson je v tem članku podal presenetljivo moderni pogled na ireverzibilnost in entropijski zakon. Ob opisovanju prevajanja toplote in izenačevanja temperatur je zapisal: "...If we allowed this equalization to proceed for a certain time, and then reversed the motions of all the molecules, we would observe a disequalization... [However] no physical system can be completely isolated from its surroundings but is in principle interacting with all other molecules in the universe, ... , then we may conclude that it is impossible for temperature-differences to arise

*spontaneously...*”. Zanimivo vprašanje, ki se kar samo zastavlja, je, kakšen je ta “kratek čas”, v katerem bo obrnjena evolucija še sledila prvotni? Odgovor na to nam da zvestoba. Zvestobo lahko namreč interpretiramo na dva načina: (i) kot razliko med nemotenim in motenim stanjem po času  $t$  ali (ii) kot razliko med začetnim stanjem in stanjem, dobljenim po  $t$ . i. odmevu, to je po moteni evoluciji, kateri sledi nemotena časovno obrnjena evolucija. Ta  $t$ . i. odmevna slika zvestobe je tista, ki ustreza Thompsonovim argumentom. Čeprav je navidezni paradoks ireverzibilnosti zaposloval fizike vse od rojstva termodinamike, ni zvestobe študiral nihče. Originalna motivacija za njen študij je prišla iz kvantne mehanike, posebej z razvojem  $t$ . i. kvantne informacijske teorije[6]. To je relativno mlado področje fizike, ki se ukvarja s tem, kako kvantne pojave izkoristiti za procesiranje in prenašanje informacij. Kvantna informacijska teorija je združila kvantno mehaniko z informacijsko teorijo in računalništvom. Ob uporabi kvantnih sistemov je mogoča npr. teleportacija kvantnih stanj, varna komunikacija preko javnih povezav ali pa kvantno računanje. Nobeno izmed teh stvari ni mogoče doseči samo s klasičnimi sredstvi. Kvantno računalništvo je zaenkrat še v povojih in omejeno na laboratorijske eksperimente z le nekaj kubiti (*ang. qubit*). Glavna ovira so neželene motnje v evoluciji, ki naredijo proces računanja izredno nestabilen. Želeli bi si torej karseda stabilen kvantni računalnik. Mera za stabilnost je kvantna zvestoba, torej moramo razumeti, kdaj bo zvestoba velika. Tretje področje fizike, kjer je kvantna zvestoba pomembna, je kvantni kaos. Osnovno vprašanje je, kako karakterizirati kvantne sisteme, katerih ustrezni klasični sistemi so kaotični. Glede na mnoga področja fizike, kjer je zvestoba pomembna, ni presenetljivo, da je pritegnila pozornost fizikov z različnih področij. Naj naštejemo le nekaj raziskovalnih skupin: kvantni kaos (G. Casati, Como in H.-J. Stöckmann, Marburg), semiklasične metode (S. Tomsovic, Washington State University in J. Vanicek, Harvard), mezoskopska fizika (C. W. J. Beenakker, Leiden), teorija trdne snovi in NMR-eksperimenti (Pastawski, Argentina),

dekoherenca (W. H. Zurek, Los Alamos), kvantna informacijska teorija (S. Lloyd in D. G. Cory, MIT), statistična fizika (C. Tsallis, Rio de Janeiro) in navsezadnje skupina Tomaža Prosen na Fakulteti za matematiko in fiziko v Ljubljani.

Eden izmed glavnih rezultatov ljubljanske skupine je izraz za kvantno zvestobo v približku linearnega odziva[7];

$$F(t) = 1 - \frac{\delta^2}{\hbar^2} \int_0^t dt' dt'' C(t', t'')$$

kjer je  $C(t', t'')$  korelacijska funkcija motnje  $V(t)$  v interakcijski sliki. Ta, četudi enostaven izraz, nam lahko razloži veliko zanimivih pojavov v zvezi s stabilnostjo. Pravi, da je  $t$ . i. “disipacija kvantne informacije”,  $1-F(t)$ , enaka integralu korelacijske funkcije motnje. Če je torej korelacijska funkcija velika (močne korelacije), bo kvantna zvestoba majhna in nasprotno, če je korelacijska funkcija majhna, bo zvestoba velika. To se ne zdi posebej presenetljiv rezultat. Zadeva pa postane kontraintuitivna, če se spomnimo, da so v kaotičnih sistemih korelacije majhne, v regularnih (integrabilnih) pa velike. To pa pomeni, da bo kvantna zvestoba  $F(t)$  pojemala *počasneje* v kaotičnih sistemih kot pa v regularnih, in sicer tem počasneje čim bolj kaotičen je sistem! Spomnimo se, da pomeni majhna zvestoba veliko občutljivost za motnje. Torej se lahko v kvantni mehaniki zgodi, da so bolj kaotični sistemi bolj stabilni! Ko govorimo o kaotičnost v kvantnih sistemih, seveda mislimo kaotičnost ustreznih klasičnih sistemov. Kvantna zvestoba se torej lahko vede popolnoma nasprotno kot pa klasična zvestoba. Zanj namreč velja pričakovan rezultat: bolj kot je sistem kaotičen, manjša je klasična zvestoba[8]. Primer pojevanja kvantne zvestobe za regularno in kaotično dinamiko je prikazan na sliki 1. Kot je razvidno, pojema kvantna zvestoba počasneje za kaotično dinamiko. Če hočemo imeti karseda stabilen kvantni sistem, moramo torej poskrbeti, da bo korelacijska funkcija motnje čim manjša. To smo npr. uporabili pri zasnovi



izboljššanega kvantnega algoritma za računanje hitre Fourierove transformacije[9]. Tak izboljššan algoritem je veliko bolj stabilen (ima večjo zvestobo) ob prisotnosti naključnih časovno neodvisnih motenj.

Zanimiv primer enačbe (1) nastopi, če časovni integral korelacijske funkcije ne narašča s časom. To se zgodi, če je časovno povprečje motnje enako 0. V tem primeru kvantna zvestoba ne pojema, temveč zamrzne na konstantni vrednosti ter začne ponovno pojemat še po zelo dolgem času. To izredno stabilnost smo poimenovali zamrznitev kvantne zvestobe[10]. Presenetljivost pojava kvantne zamrznitve postane jasna šele, ko primerjamo kvantno in klasično zvestobo. Za enak tip motenj, torej z ničelnim časovnim povprečjem, namreč klasična zvestoba ne zamrzne. Zamrznitev je torej popolnoma kvantni pojav. Primer kvantne zamrznitve je razviden s slike 2. Kvantna zvestoba zamrzne na konstantnem platoju in začne ponovno pojemat še po dolgem času  $t \sim 10\,000$  enot.

Kakšno je nadaljevanje zgodbe o kvantni zvestobi? Zanimivo bi bilo eksperimentalno potrditi naše ugotovitve v čim več različnih sistemih. Uspešne meritve so že bile opravljene v mikrovalovnih resonatorjih[11], obetavni eksperimenti pa so mogoči tudi v sklopu kvantne optike. Krona vsega bi seveda bila dejanska uporaba izsledkov v realnih kvantnih napravah prihodnosti, ne le v fizikalnih laboratorijih.

## Literatura

- [1] Marko Žnidarič, *Stability of Quantum Dynamics*, preprint quant-ph/0406124; dostopno tudi na <http://chaos.fiz.uni-lj.si/~znidaricm/research/index.html>
- [2] Asher Peres, *Stability of quantum motion in chaotic and regular systems*, Phys. Rev. A, **30** (1984), 1610-1615
- [3] Ludwig Boltzmann, *Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen*, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Wien, II, **66** (1872), 275-370
- [4] Josef Loschmidt, *Über den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines Systems von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft*, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Wien, II, **73** (1876), 128-142
- [5] William Thompson, *The Kinetic Theory of the Dissipation of Energy*, Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, **8** (1874), 325-334
- [6] Michael A. Nielsen in Isaac L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, Cambridge University Press, Cambridge (2001)
- [7] Tomaž Prosen, *General relation between quantum ergodicity and fidelity of quantum dynamics*, Phys. Rev. E, **65** (2002), 036208; Tomaž Prosen in Marko Žnidarič, *Stability of quantum motion and correlation decay*, J. Phys. A, **35** (2002), 1455-1481
- [8] Gregor Veble in Tomaž Prosen, *Faster than Lyapunov decays of the classical Loschmidt echo*, Phys. Rev. Lett., **92** (2004), 034101
- [9] Tomaž Prosen in Marko Žnidarič, *Can quantum chaos enhance the stability of quantum computation?*, J. Phys. A, **34** (2001), L681-L687
- [10] Tomaž Prosen in Marko Žnidarič, *Quantum freeze of fidelity decay for a class of integrable dynamics*, New J. Phys., **5** (2003), 109; *Quantum freeze of fidelity decay for chaotic dynamics*, Phys. Rev. Lett., **94** (2005), 044101
- [11] Rudi Schäfer, Thomas Gorin, Thomas H. Seligman in Hans-Jürgen Stöckmann, *Experimental verification of fidelity decay: From perturbative to Fermi Golden Rule regime*, preprint nlin. CD/0412053

## ISKANJE SIGNALOV NOVE FIZIKE

*dr. Jure Zupan, F-7*

Na tipični konferenci raziskovalcev s področja fizike visokih energij poslušalcu ni treba čakati pretirano dolgo, da sliši omembo "nove fizike" v takem ali drugačnem kontekstu. Sam pojem se zdi prav zabaven, saj celotno področje fizike visokih energij ni nevemkako častitljive starosti. Se torej izraz nanaša kar na celotno področje? Seveda ne, nanaša se na opis sveta, ki še ni eksperimentalno potrjen. Bolj natančno, sprejeti in eksperimentalno dodobra potrjeni opis sveta podaja tako imenovani standardni model osnovnih delcev in interakcij med njimi, medtem ko se izraz "nova fizika" nanaša na opis onkraj standardnega modela. Da bi razumeli pomen in medsebojno igro obeh izrazov, si najprej nekoliko podrobneje oglejmo sam standardni model osnovnih delcev in interakcij. Neučakani bralec, ki mu je to standardno gradivo znano, seveda lahko preskoči naslednjih nekaj odstavkov in se posveti seciranju nove fizike ter vlogi, ki jo pri tem igrata skupini teoretičnih fizikov na odseku F1 ter "eksperimentalnih" kolegov na odseku F9 Instituta "Jožef Stefan", ki ju bom predstavil v drugem delu tega sestavka.

### **Standardni model osnovnih delcev**

Standardni model (SM) osnovnih delcev in interakcij opisuje svet pri najmanjših eksperimentalno dosegljivih razdaljah, okoli  $10^{-18}$  m. Interakcije so pravzaprav sinonim za sile v žargonu, ki ga uporabljajo fiziki visokih energij. Da bi se vse skupaj zdelo bolj imenitno, se bomo žargonskega izrazoslovja držali tudi mi. Pri razdaljah, ki so običajne v vsakdanjem življenju, lahko govorimo o štirih dodobra ločenih interakcijah, elektromagnetni, močni, šibki ter gravitacijski interakciji, medtem ko bo slika pri ekstremno

majhnih razdaljah nekoliko drugačna. Elektromagnetna interakcija je tista, ki npr. veže elektrone in atomsko jedro v atome. Močna interakcija je precej močnejša od elektromagnetne, vendar pa je zelo kratkega dosega, nekako  $10^{-15}$  m. Veže npr. protone in nevtrone v atomska jedra. Šibka interakcija je prav tako kratkega dosega, vendar je veliko šibkejša od močne interakcije. Odgovorna je recimo za radioaktivni razpad beta. Gravitacijska interakcija je verjetno vsem najbolj znana sila, saj nas veže na zemeljsko površje. Tako kot elektromagnetna interakcija je dolgega dosega, vendar je nasprotno od nje vedno privlačna ter tudi mnogo šibkejša.

Elektromagnetna in šibka interakcija sta pravzaprav intimno povezani. Sta namreč dva nizkoenergijska obraza enotne elektrošibke interakcije. Le-ta se namreč v procesu spontane zlomitve simetrije razstavi na nezlomljeni (elektromagnetna interakcija) in zlomljeni del (šibka interakcija). Najlažje je spontani zlom simetrije razumeti na primeru spontane magnetizacije. Enačbe, ki opisujejo magnetizacijo, ne vsebujejo preferenčne smeri, so torej rotacijsko simetrične. Nasprotno je za stanje, ki opisuje namagneteno snov, značilna odlikovana smer. Le-ta je kar smer spontane magnetizacije. Kako torej lahko začetne enačbe določijo smer magnetizacije, če vendar ne vsebuje odlikovane smeri? Ta navidezni paradoks se razreši kaj preprosto: enačbe je sploh ne določajo. Smer spontane magnetizacije je popolnoma naključna, torej v pravem pomenu besede spontana. Začetna rotacijska simetrija enačb se ohrani le v naključni izbiri smeri magnetizacije, medtem ko je rotacijska simetrija z izbiro stanja sistema zlomljena (in to spontano zlomljena). Podobno situacijo najdemo v primeru elektrošibke interakcije. Tukaj je simetrija, ki stoji v ozadju procesa, nekoliko bolj zapletena, saj elektrošibko interakcijo opiše tako imenovana umeritvena simetrija. Ne spuščajoč se v podrobnosti konstrukcije v okviru standardnega modela,

Osnovne sile v naravi			
tip interakcije	moč interakcije (relativna ocena)	nosilec interakcije (kvant polja)	prevladuje
močna	1	gluoni (brez mase)	pri jedrskih reakcijah, vezavi jeder
elektromagnetna	$10^{-2}$	foton (brez mase)	v atomskih lupinah in elektrotehniki
šibka	$10^{-5}$	vektorski bozoni $Z^0$ , $W^+$ in $W^-$ ( $m = 90$ GeV)	pri radioaktivnem razpadu beta
gravitacijska	$10^{-38}$	graviton (brez mase?)	v privlačnih silah med nebesnimi telesi

naj le omenimo, da je ekvivalent izbire smeri spontane magnetizacije sedaj izbira vakuumske pričakovane vrednosti Higgsovega polja. Taisti proces tudi podeli maso osnovnim gradnikom materije, *kvarkom* in *leptonom*.

Tako kvarki kot leptoni so fermionski delci, saj nosijo spin  $1/2$ , razlikujejo pa se po drugih kvantnih številih. Medtem ko so kvarki nabiti glede močne interakcije, so leptoni glede močne interakcije nevtralni. To ima precej drastično posledico, saj zaradi močnega naboja kvarkov nikoli ne najdemo prostih. Močna interakcija kvarke vedno veže v pare kvark-antikvark ali pa v skupine treh kvarkov (ali treh antikvarkov). Par kvark-antikvark tvori tako imenovani *mezon*, medtem ko trije kvarki tvorijo *barion* (trije antikvarki tvorijo *antibarion*). Ta nenavadna kombinacija ima izvir v sami naravi močne interakcije, saj sta to številčno najmanjši skupini močno nabitih delcev, ki tvorita glede močne interakcije nevtralni objekt. Le glede močne interakcije nevtralni objekt lahko izoliramo od drugih močno interagirajočih delcev. Če bi želeli razdeliti par kvark-antikvark ter ju oddaljiti daleč drug od drugega (z drugimi besedami, izolirati kvark oz. antikvark), potem bi z naraščajočo razdaljo med kvarkom in antikvarkom energija sistema izjemno hitro narasla. Potencialna energija med kvarkom in antikvarkom namreč narašča linearno z razdaljo, ko ju dovolj oddaljimo drug od drugega. Energijsko ugodnejša bi kaj kmalu postala situacija, ko iz vakuuma nastane dodatni par kvark-antikvark. Novonastali kvark se poveže z že obstoječim antikvarkom v mezon, medtem ko se novonastali antikvark poveže z obstoječim kvarkom v drugi mezon. Resnici na ljubo sem zgoraj predstavil nekoliko poenostavljeno sliko, saj mezoni in barioni niso popolnoma nevtralni glede močne interakcije. To velja le na razdaljah,

mного večjih, kot je tipična velikost mezona ali bariona, ki je okoli  $10^{-15}$  m oziroma okoli enega femtometra (fm). Če približamo mezone na razdaljo nekaj femtometrov, se seveda razloči sama struktura mezona, tako da na majhnih razdaljah mezoni interagirajo prek močne interakcije.

Če se je zdelo zgornje razglabljanje nekoliko odmaknjeno od navadnega sveta, to nikakor ni bil pravilen vtis, saj je gornja razlaga neposredno povezana s svetom okoli nas. Po dva kvarka *u* (up) in en kvark *d* (down) namreč tvorijo proton, to je nam dobro znano vodikovo jedro, medtem ko dva kvarka *d* in en kvark *u* tvorijo nevtron. Protoni in nevtroni nato tvorijo jedra vseh kemičnih elementov in so tako dejansko gradniki vseh stolov, miz, tabel, luči itd., ki nas obkrožajo v vsakdanjem življenju. Nenavadna lastnost močne interakcije, da z njo povezana potencialna energija narašča linearno z razdaljo pri večjih razdaljah, je tudi vzrok, da je večina mase protona in nevtrona, in posredno večina mase objektov okoli nas, dejansko potencialna energija kvarkov v polju močne interakcije. Masa elektrona, to je drugega gradnika atomov, je namreč le dvatisočina mase protona, ocenjeni masi *u* in *d* kvarka pa le nekaj tisočin mase protona.

Kvarki iz druge in tretje generacije sestavljajo nekoliko bolj eksotične delce, ki jih ne srečamo v življenju, saj so kratkoživi in hitro razpadejo. Omenimo le še terminologijo za mezone: mezoni, ki vsebujejo po en "čudni" antikvark  $\bar{s}$  in enega od kvarkov iz prve generacije *u*, *d*, so tako imenovani kaoni z oznako *K*, mezoni, ki vsebujejo "čarobni" kvark *c* in enega od "lahkih antikvarkov"  $\bar{u}$ ,  $\bar{d}$  ali  $\bar{s}$ , so tako imenovani mezoni *D*, medtem ko so mezoni, ki vsebujejo antikvark  $\bar{b}$  in enega od lahkih kvarkov, tako imenovani mezoni *B*. V splošnih razpravah, ko ni pomemben naboj mezona, so energijski fiziki nekoliko površni in z enakimi splošnimi oznakami *K*, *D*, *B* označijo tudi antidelce zgornjim mezonom, česar se bomo zaradi enostavnosti držali tudi mi.

Sedaj še k leptonom, to je k delcem, ki ne interagirajo prek močne interakcije. Omenil sem že prvega predstavnika leptonov,

	Osnovni delci					
	KVARKI			LEPTONI		
	okus	naboj( $e_0$ )	masa	dele	naboj( $e_0$ )	masa
I. generacija	<i>u</i>	2/3	1,54 MeV	$e^+$	-1	0,51 MeV
	<i>d</i>	-1/3	4,8 MeV	$\nu_e$	0	<3 eV
II. generacija	<i>c</i>	2/3	80,130 MeV	$\mu^-$	-1	105,7 MeV
	<i>s</i>	-1/3	1,15,1,35 GeV	$\nu_\mu$	0	<0,19 MeV
III. generacija	<i>t</i>	2/3	174,3 ± 5,1 GeV	$\tau^-$	-1	1777 MeV
	<i>b</i>	-1/3	4,1,4,4 GeV	$\nu_\tau$	0	<18,2 MeV



elektron. Druge leptone lahko najdete v preglednici zgoraj. Gradnike organiziramo v tri generacije, saj imajo razen različnih mas delci prve, druge in tretje generacije skoraj popolnoma enake lastnosti. Vsakemu nabitemu leptonu ustreza tudi električno nevtralni nevtrino. Na električno nevtralnost namiguje seveda že samo ime nevtrino oz. "mali nevtralni". Elektron ima tako svojega leptonskega partnerja, elektronski nevtrino, ki ravno tako kot elektron ne interagira prek močne interakcije. Ker je električno nevtralen, seveda tudi ne interagira prek elektromagnetne interakcije. Ostane le šibka interakcija, zaradi česar nevtrino skoraj ne interagira z navadno snovjo, kar otežuje eksperimente. Detektorji morajo biti namreč ogromnih dimenzij. Sedaj gradijodetektor na južnem polu IceCube, ki bo zajemal kubični kilometer aktivnega volumna v antarktičnem ledu.

Zgoraj orisani opis sveta je luč sveta ugledal v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. V skoraj trideset letih se je nato nabralo mnogo eksperimentalnih potrditev standardnega modela. Pravzaprav kar mrgoli preskusov, ki jih je standardni model osnovnih interakcij uspešno opravil. Če naštejemo le najnovejše: precizni elektrošibki preskusi se v splošnem zelo dobro ujemajo z napovedmi standardnega modela. Nadalje, meritve kršitev simetrije CP (produkt operatorja konjugacije naboja in parnosti) v sistemih z mezoni  $B$  in  $K$  podpirajo tako imenovano Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) sliko standardnega modela z eno univerzalno fazo. In navsezadnje, odkritje kvarka  $t$  z maso v okvirih, ki so jih pred tem napovedali precizni elektrošibki preskusi, je bilo resnično zmagovalje standardnega modela. Za popolno sliko manjka le še zadnji, a morda najpomembnejši zidak, odkritje Higgsovega bozona. Direktna iskanja na trkalniku LEP, CERN, Ženeva, kjer so sodelovali tudi sodelavci odseka F9 Instituta "Jožef Stefan", so postavila sedanjo spodnjo mejo  $m_H > 114,4$  GeV pri meji zaupanja 95 %.

### **Zgodba se s standardnim modelom ne konča**

Kljub resnično velikemu uspehu standardnega modela pa imamo na voljo tudi posredne in neposredne eksperimentalne

izsledke, ki kažejo na to, da standardni model ne daje popolne slike sveta osnovnih delcev. Tako na primer v svojem opisu ne vsebuje gravitacije. Na kvantnem opisu gravitacije je v zadnjih dveh desetletjih delala množica teoretičnih fizikov, še posebno intenzivno na področju teorije strun. Vendar pa na tem področju ni nikakršnega eksperimentalnega vpogleda. Nadalje, v zadnjih nekaj letih sta se predvsem kolaboraciji Superkamiokande in SNO (Sudbury Neutrino Observatory) dokopali do zelo trdnih eksperimentalnih dokazov o oscilacijah nevtrinov. Oscilacije nevtrinov kažejo na neničelne mase nevtrinov, v nasprotju z opisom, ki ga ponuja originalna zasnova standardnega modela izpred tridesetih let. Sama vključitev masivnih nevtrinov v standardni model ne povzroča večjih težav, odpira pa nekaj zanimivih vprašanj, v katera se ne bomo spuščali. Na fiziko zunaj standardnega modela nakazuje tudi poenotenje sklopitvenih konstant močne, šibke in elektromagnetne interakcije v okviru supersimetričnih teorij velikega poenotenja pri energijah okoli  $10^{16}$  GeV. Dodatni eksperimentalni dokazi v prid nove fizike onkraj standardnega modela prihajajo iz astrofizike in kozmologije. Standardni model namreč ne more pojasniti podatkov o prisotnosti hladne nebarionske temne snovi v vesolju, saj zanjo v okviru standardnega modela ni primerne kandidata. Poleg tega kršitev simetrije CP v okviru standardnega modela ni dovolj velika, da bi lahko pojasnila opaženo asimetrijo med barioni in antibarioni v zgodnjem vesolju.

Moderni pogled na standardni model je tak, da je to "le" efektivna teorija, ki velja pri dovolj nizkih energijah, tistih, ki jih dosegamo pri eksperimentih. Pri višjih energijah ga bo nadomestila popolnejša teorija, ki ne bo imela zgoraj naštetih pomanjkljivosti. Kakšna je oblika te "nove fizike" seveda ni vnaprej jasno, obstaja pa kar nekaj kandidatov, saj teoretični fiziki zadnji dve desetletji niso sedeli križem rok. Poleg tega velja prepričanje vsaj v delu skupnosti, da energijska skala nove fizike ni mnogo večja od sedaj dosegljivih energij pri eksperimentih. Ta pričakovanja v precejšnji meri temeljijo na "problemu hierarhije", ki je v strukturi standardnega

modela. Oglejmo si torej, kakšna pošast je to.

Spreminjanje sklopitvenih konstant močne, šibke in elektromagnetne sile z energijo kaže na energijsko skalo poenotenja pri energijah okoli  $10^{14}$ – $10^{16}$  GeV, ko vse tri sklopitvene konstante dosežejo enako vrednost, no vsaj v supersimetričnih razširitvah standardnega modela. V primerjavi s tako veliko energijsko skalo se nenadoma energijska skala spontane zlomitve elektrošibke simetrije pri okoli 250 GeV zazdi kaj majhna. Velike razlike med obema skalama ne moremo "naravno" pojasniti v okviru standardnega modela. Ta "problem hierarhije" je povezan z dejstvom, da v teoriji nastopa nesestavljeno skalarno polje –Higgsov bozon. Kvantni popravki k masi Higgsovega bozona namreč kvadratično divergirajo. To samo po sebi ni nič tragičnega, saj lahko divergentne popravke ukrotimo s procesom regularizacije, tako da nobena opazljivka ni odvisna od metode regularizacije. Kljub temu pa so tovrstne divergence nekoliko neestetske, saj zahtevajo natančno ujemanje kvantnih popravkov s parametri, ki nastopajo v Lagrangeovi gostoti. Problem hierarhije lahko razrešimo na več načinov. Če nesestavljeni Higgsovi bozon resnično obstaja, potem lahko teorijo stabilizira prisotnost supersimetrije pri TeV. Druga možnost je, da je Higgsov bozon sestavljen objekt, ki je ali vezano stanje fermionov ali pa kondenzat. Tehnikolor teorije so na primer razred teorij, ki sledijo tej možnosti. Še ena mogoča rešitev problema hierarhije se je pojavila pred nekaj leti. Če poleg navadnih (3+1) dimenzij prostora-časa obstajajo še dodatne "velike" kompaktne dimenzije, potem je lahko energijska skala povezana z gravitacijo precej pod tako imenovano Planckovo skalo  $10^{19}$  GeV, pri kateri postane gravitacija močno interagirajoča v štirih dimenzijah. V primeru dveh podmilimetrskih ekstra dimenzij je energijska skala gravitacije v območju TeV.

### **Iskanje signalov nove fizike**

Vprašanje je, ali so ta teoretična pričakovanja skorajda predsodki, povezani z dejansko situacijo v naravi. Seveda lahko razrešitev ponudi le eksperiment. Iskanje signalov nove fizike lahko v grobem razdelimo v iskanje

direktnih in indirektnih signalov. Direktni signal bi pomenil, recimo, odkritje novih delcev, ki jih ni v strukturi standardnega modela. Takšno iskanje bo potekalo na trkalniku nove generacije LHC v CERN-u, Ženeva, pri katerem sodelujejo tudi kolegi z oddelka F9 na IJS pod vodstvom prof. dr. M. Mikuža. Druga možnost je raziskovanje indirektnih signalov nove fizike. To so navadno redki procesi mezonov. V okviru standardnega modela so ti razpadi zelo redki ali celo prepovedani, so pa lahko veliko bolj verjetni ob prisotnosti novih delcev, to je v razširitvah standardnega modela.

Področje redkih razpadov težkih mezonov je doživelo pravi razcvet z nastopom tovarn mezonov *B*. To sta eksperimenta Belle na Japonskem in Babar v ZDA, na katerih so do sedaj proizvedli že več kot milijardo mezonov *B*. Pri eksperimentu Belle sodelujejo tudi slovenski fiziki z odseka F9 na IJS pod vodstvom prof. dr. P. Križana. Skladno z eksperimentalnimi naporji je korak naprej naredila tudi teoretična obravnava razpadov mezonov *B*. Poseben problem je dejstvo, da so kvarki ujeti znotraj mezonov, pri čemer je narava močne sile neperturbativen proces. Tukaj namreč popolnoma razvoj v sklopitveni konstanti, kar je precej navaden način v obravnavi šibkih razpadov leptonov, saj je sklopitvena konstanta močne interakcije reda velikosti ena. Na srečo omogoča teoretično čiste načine dejstvo, da je *b*-kvark precej težak in ima tako de Broglievo valovno dolžino, ki je precej manjša od tipične velikosti mezona *B*. To poenostavi izračune marsikaterih razpadov. Vendar pa obravnava ni zelo enostavna, saj pri razvoju po potencah de Broglieve valovne dolžine, ki ustreza masi *b*-kvarka, število členov v višjih redih hitro narašča. Še bolj težavna je obravnava redkih razpadov mezonov *D*, saj tam ni očitnega parametra za razvoj. Izračuni neperturbativne fizike tako izkoriščajo približne simetrije močne interakcije in uporabijo razvoj po majhnih energijah in gibalnih količinah, kjer je to mogoče. Ocene za verjetnosti razpadov mezonov *D* so tako velikokrat le zelo približne.

Za fenomenologijo zelo zanimivi so tako imenovani zlati procesi. Da proces lahko

razglasimo za zlat, mora izpolnjevati naslednja merila: (i) prispevek v okviru SM mora biti ali zelo majhen ali pa popolnoma prepovedan, (ii) mora biti teoretično čist, z malo ali skoraj popolnoma brez nedoločenosti, ki bi jih v račun prinesla neperturbativna narava močne interakcije, (iii) mora dovoljevati vsaj potencialno velike prispevke nove fizike. Primeri takih zlatih procesov so  $K \rightarrow \pi W$  (razpad kaona v pion, nevtrino, antinevtrino) in  $B \rightarrow X, W$

(razpad mezona  $B$  v stanje  $Z$  od nič različno čudnostjo, nevtrino in antinevtrino), kjer so teoretične napake zaradi neperturbativne fizike zelo majhne. Med zlate opazljivke lahko uvrstimo tudi tiste, ki določajo časovno odvisne CP-asimetrije v procesih s prehodi  $b \rightarrow ss$ . Tu smo zapisali le spremembe okusov kvarkov, in ne v katerih mezonih se kvarki skrivajo. Tovrstne opazljivke so idealne za opazovanje prispevkov nove fizike, saj v njih prevladujejo prispevki virtualnih vmesnih delcev. Kot virtualni delci namreč lahko nastopajo tudi delci onkraj standardnega modela, čeprav ni na razpolago dovolj energije, da bi nastali v razpadu kot končno stanje. Nedavno so meritve teh opazljivk v tovarnah mezonov  $B$  povzročile kar nekaj vznemirjenja, saj so meritve nakazale morebitne deviacije od napovedi znotraj SM. Sedaj so razlike med napovedmi in eksperimentalnimi opažanji okoli 2.3 standardne deviacije eksperimentalnih napak, odvisno pač od procesa. Poleg tega ni popolnoma jasna teoretična napaka pri napovedih znotraj SM. Pri modelsko neodvisni določitvi teoretičnih napak je sodeloval tudi avtor tega sestavka, čeprav zgodba vsekakor še ni končana.

Nasprotno od zlatih procesov ni v fiziki čarobnih kvarkov. Napake zaradi nerazumevanja vrednosti parametrov, ki opisujejo vpliv močne interakcije, so namreč prevelike. Zaradi tega morajo biti efekti nove fizike zelo veliki, da jih sploh lahko zaznamo. Vendar pa imajo mezoni  $D$  tudi svojo svetlo stran, saj v njihovih razpadih raziskujemo prehode v sektorju kvarkov z nabojem  $2/3$  popolnoma v nasprotju z razpadi mezonov  $K$  in  $B$ . Razširitve SM so namreč lahko čisto različne

v sektorjih kvarkov z naboji  $2/3$  in  $-1/3$ . Pri iskanju zanimivih razpadov mezonov  $D$ , kjer bi nam kljub gornjim težavam vseeno lahko uspelo zaznati prispevke nove fizike, je sodelovala tudi skupina teoretičnih fizikov pod vodstvom prof. dr. Svjetlane Fajfer z IJS (drugi sodelavci, ki so sodelovali pri različnih stopnjah programa, so: dr. Borut Bajc, Jernej Kamenik, dr. Anita Prapotnik, dr. Saša Prelovšek Komelj in podpisani dr. Jure Zupan). Nobena od predloženih opazljivk do sedaj še ni pripeljala do signalov nove fizike, saj na mnogih obstajajo le zgornje eksperimentalne meje za verjetnosti procesov.

Področje, ki se ga še nismo dotaknili in pri katerem prav tako sodeluje omenjena skupina teoretičnih fizikov z IJS, so simulacije efektov močne interakcije na mreži. Mreža je tu žargonski izraz za diskretizacijo prostora-časa, na katero napnemo gluonsko in fermionsko polje. To so, vsaj načeloma, računi iz prvih principov, kjer v račun vstopajo le parametri, ki nastopajo tudi v SM. Vendar pa so simulacije numerično tako zahtevne, da morajo raziskovalci uporabljati različne približke. Mnogi od približkov, ki so jih uporabljali v preteklosti, se počasi poslavljajo, vendar pa jih je kar nekaj, ki bodo z nami še kar nekaj časa. To so na primer prevelike mase kvarkov  $u$  in  $d$ , končen volumen mreže in končen mrežni razmik. Vpliv teh približkov lahko določimo z uporabo tako imenovanih efektivnih teorij, ki so jih za izračun popravkov v nekaj zanimivih parametrih uporabili tudi sodelavci IJS. Sami izračuni na mreži imajo tudi svoje omejitve, saj na primer niso primerni za izračune procesov, kot so razpad težjega mezona na dva mezona. Ravno tovrstni procesi pa so mnogokrat najzanimivejši pri iskanju indirektnih signalov nove fizike. Metode, ki sem jih orisal zgoraj, so tako komplementarne ab initio računom na mreži.

Na koncu, iskanje signalov nove fizike ostaja sveti gral fizike visokih energij. Statistično ne dovolj signifikantne signale, ki so torej lahko le statistična fluktuacija, so opazili tako pri eksperimentu Belle kot na Babar. V naslednjih nekaj letih se bo situacija verjetno zbistrila, če ne prej, pa z nastopom trkalnika nove generacije LHC.



## FUZIJA - ENERGIJSKI VIR PRIHODNOSTI

*doc. dr. Tomaž Gyergyek, F-8, Univerza v Ljubljani*

Potrebe človeštva po energiji stalno naraščajo tako zaradi naraščanja svetovnega prebivalstva kot tudi zaradi želje ljudi, zlasti v državah v razvoju, po čim višjem življenjskem standardu. Zadovoljevanje sedanjih potreb po energiji v glavnem zagotavljajo fosilna goriva, to so predvsem nafta, premog in zemeljski plin. Ta goriva sedaj zagotavljajo okoli 80 % svetovne energijske porabe, v Evropski uniji pa je ta delež okoli 50 %. Tudi v Evropi naj bi se delež fosilnih goriv do leta 2030 povečal na okoli 70 %, predvsem na račun nafte. Fosilna goriva imajo najmanj dve izrazito slabi lastnosti. Prva je negativen vpliv na okolje, druga pa se nanaša predvsem na Evropsko unijo, izrazito to velja tudi za Slovenijo, to je velika odvisnost od uvoza.

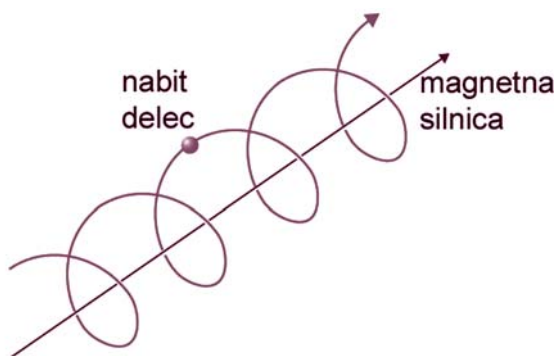
Zanesljivi in trajnostni viri energije so potrebni za ohranitev življenjskega standarda v Evropi. Zato evropski raziskovalci razvijajo okoljsko sprejemljive, varne in trajnostne energetske tehnologije. Pridobivanje energije s kontroliranim zlivanjem (fuzijo) lahkkih jeder v težja je ena od takšnih tehnologij.

V prihodnosti bo dala fuzija možnost za varno in okoljsko sprejemljivo proizvodnjo velikih količin energije z bogatimi, široko razprostranjenimi in po svetu enakomerno prazdeljenimi viri goriva. Fuzijske elektrarne bodo imele veliko vgrajeno moč in bodo primerne za zadovoljevanje osnovnih

energijskih potreb gosto naseljenih in industrijskih območij.

Fuzija je proces, ki daje energijo Soncu in drugim zvezdam. Lahka atomska jedra se zlijejo v težja, pri tem pa se sprosti energija. V središču Sonca ta proces poteka pri temperaturi okoli 10 milijonov stopinj Celzija. Pri tako visoki temperaturi je vsaka snov v stanju *plazme*. Plazma je ioniziran plin, v katerem so elektroni bodisi popolnoma bodisi vsaj deloma ločeni od jeder svojih atomov. V takšnem plinu se elektroni, ki so nosilci negativnega naboja, in jedra atomov, ki so kot pozitivni ioni nosilci pozitivnega naboja, lahko prosto gibljejo. Nekateri plazmo predstavljajo kot četrto agregatno stanje snovi. Vsi vemo, da se trdnina, ki jo dovolj segrejemo stali, in preide v tekoče agregatno stanje. Če to tekočino še naprej segrevamo, prej ali slej izpari in preide v plinasto stanje. Če pa še dalje segrevamo nastali plin, atomom plina odstranimo njihove elektronske oblake in dobimo plazmo – plin iz prostih elektronov in ionov. Zaradi tega na Zemlji plazmo le redko najdemo v naravi, ampak jo moramo narediti umetno s takšno ali drugačno ionizacijo izbranega plina. V vesolju pa je več kot 99 % vidne materije v obliki plazme. Plazma ima drugačne lastnosti od navadnih neioniziranih plinov. Raziskovanje teh lastnosti je v središču pozornosti fizike plazme. Fizika plazme je osrednja, vendar pa nikakor ne edina znanstvena panoga pri razvoju tehnologij, ki so potrebne za pridobivanje energije s kontrolirano fuzijo.

Število pozitivnih ionov v prostorninski enoti na kratko imenujemo kar gostota plazme. V središču Sonca in drugih zvezd plazmo ohranjajo pri zadostni gostoti, da fuzijske reakcije lahko neprekinjeno tečejo, močne gravitacijske sile. Na Zemlji takšnih gravitacijskih sil ni mogoče doseči. Zato poskušamo pogoje, ki so potrebni za kontrolirano in neprekinjeno zlivanje jeder doseči v plazmah, ki imajo za devet do deset redov velikosti manjšo gostoto in tlak od plazme v središčih zvezd. Če želimo, da bi



**Slika 1: Nabiti delec se okoli magnetne silnice giblje po spiralnem tiru.**

fuzijske reakcije tekle v tako redki plazmi, mora le-ta imeti približno 10-krat višjo temperaturo od tiste v središču Sonca, to je okoli 100 milijonov stopinj Celzija. Za doseganje tako visoke temperature je potrebno močno segrevanje plazme in čim manjše toplotne izgube. Plazma s takšno temperaturo seveda ne sme priti v stik s steno posode, v kateri se nahaja. To poskušamo preprečiti z omejevanjem plazme.

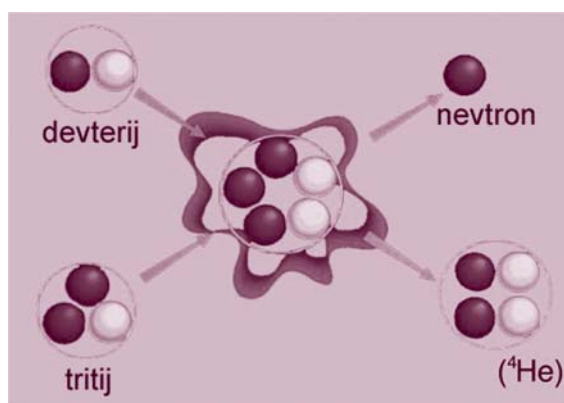
V dosedanjih raziskavah kontrolirane jedrske fuzije sta se razvila dva glavna koncepta omejevanja plazme. Pri inercialnem (ali vztrajnostnem) omejevanju skušamo plazmo segreti do ustrezne temperature in gostote za fuzijo v tako kratkem času, da ioni zaradi svoje mase in s tem povezane vztrajnosti še ne bi utegnili uiti na steno posode, preden bi prišlo do zlitja jeder. To poskušajo doseči tako, da majhne kroglice iz devterija in tritija z vseh strani osvetlijo z močnim pulzom laserske svetlobe. Takšni poskusi imajo seveda tudi mnogo vojaških aplikacij, zato je dostop do poročil o njihovih rezultatih zelo omejen.

Drugi koncept se imenuje magnetno omejevanje plazme. Ta koncept ima po splošnem prepričanju nekoliko večje možnosti za končni uspeh od inercialnega omejevanja. Zato se je v Evropi glavni tok raziskav kontrolirane fuzije usmeril v magnetno omejevanje plazme. Nabiti delci, ki tvorijo plazmo, okoli magnetnih silnic krožijo po spirali. Preprosto si lahko magnetne silnice predstavljamo kot nekakšne vrvice, vzdolž katerih se nabiti delci lahko gibljejo (slika 1).

Z ustreznim oblikovanjem magnetnega polja je torej mogoče ustvariti nekakšno kletko iz magnetnih silnic toroidne oblike, ki preprečuje stik plazme s steno posode. Takšna oblika zadrževanja plazme je ena izmed najbolj naprednih tehnologij in je osnova evropskega fuzijskega programa.

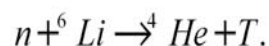
Reakcija, ki bo osnova prve generacije fuzijskih reaktorjev, je zlivanje jeder dveh izotopov vodika, to sta devterij (D) in tritij (T). Pri zlitju nastane helij 4 in nevtron. Pri vsakem takem zlitju pa se sprosti tudi 17,6 MeV energije (slika 2). Od tega helij prevzame 3,5 MeV, nevtron pa 14,1 MeV energije. Helijevo jedro je nabito in ga magnetno polje zadrži v plazmi, kjer plazmo segreva. Če na časovno in prostorninsko enoto nastane

NOVICE IJS april 2005

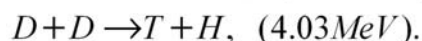
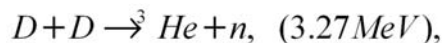


**Slika 2: Zlitje devterija in tritija bo osnovna reakcija prve generacije fuzijskih reaktorjev.**

zadostno število helijevih jeder, se plazma lahko s fuzijskimi reakcijami sama ohranja pri zadostni temperaturi za fuzijo tako, da ni potrebe po dodatnem gretju plazme. Pravimo, da plazma sama gori. Nevtron pa je nevtralen in uide na steno posode, kjer odda energijo, ki bo porabljena za ustvarjanje vodne pare, ki bo gnala turbino generatorja. Devterija je v naravi dovolj in ni radioaktiven. V enem kubičnem metru vode je v povprečju 35 gramov devterija, tako da so zaloge devterija v oceanih skoraj neizčrpane. Tritij je radioaktiven in ga v naravi ni. Njegova razpolovna doba je 12,6 let. Pridobivamo ga lahko iz litija po reakciji:

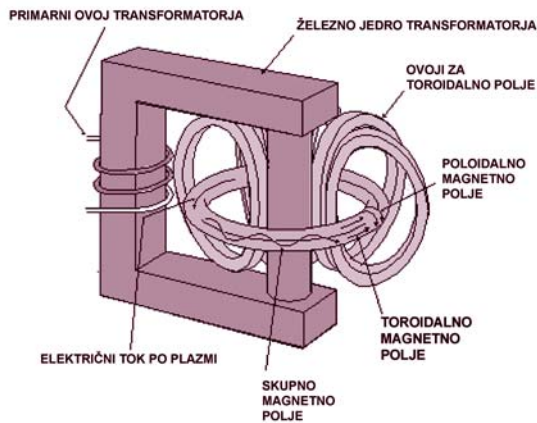


V bodočo fuzijsko elektrarno bo kot gorivo potrebno dovažati devterij. Tritij pa bodo pridobivali iz litija med samim delovanjem. Zaradi tega bi bili za fuzijski reaktor bolj primerni dve drugi reakciji, pri katerih se zlijeta dve jedri devterija, vendar pa se sprosti nekoliko manj energije. To sta:



Na žalost pa ti dve reakciji zahtevata še mnogo višjo temperaturo plazme kot reakcija devterij-tritij.

Fuzijski reaktor je kot plinski gorilnik. Gorivo, ki ga vbrizgavamo, to sta devterij in tritij, sproti zgori. V vsakem trenutku bo v reaktorju zelo malo goriva, približno 1 g devterija in tritija v posodi s prostornino okoli 1000 m<sup>3</sup>.



**Slika 3: Plazma v tokamaku se uporablja tudi kot edini sekundarni ovoj transformatorja. Inducirani električni tok po plazmi ustvari poloidalno komponento magnetnega polja, kar pripomore k boljšemu omejevanju plazme.**

Ker gorivo stalno izgoreva, se v primeru, da je dotok goriva oviran, zlivanje jeder ustavi. Vsaka nepravilnost pri delovanju reaktorju povzroči, da plazma ugasne, jedrska reakcija pa se takoj ustavi. Zato je izključena možnost kakšne katastrofalne nezgode, celo v primeru poskusa sabotaže ali terorističnega napada.

Poraba goriva v bodoči fuzijski elektrarni bo zelo majhna. Elektrarna z močjo 1 GW bo za enoletno obratovanje potrebovala približno 100 kg devterija in 3 tone naravnega litija. Menijo, da naj bi s tem gorivom proizvedla okoli 7 milijard kilovat-ur električne energije. Enakovredna termoelektrarna bi za enako količino proizvedene elektrike potrebovala približno 1,5 milijona ton premoga.

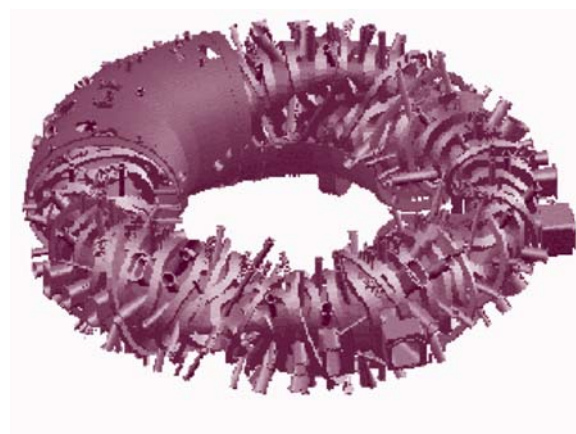
Nevtroni, ki se sproščajo pri fuzijski reakciji, obsevajo in s tem aktivirajo snovi v neposredni bližini. S pazljivo izbiro teh materialov bodo poskušali doseči dva cilja. Radioaktivnost materialov po obsevanju z nevtroni naj bi bila čim manjša, razpolovna doba nastalih radioaktivnih izotopov pa čim krajša. Cilj prizadevanj je, da bi bilo možno radioaktivne odpadke iz fuzijskih elektrarn reciklirati že po kakšnih 100 letih.

Kot smo že omenili, se evropski program fuzijskih raziskav usmerja predvsem v magnetno omejevanje plazme. Nabiti delci se okrog magnetne silnice gibljejo po spiralnem tiru, kot okoli vrvice. Če bi magnetno polje oblikovali tako, da bi bile magnetne silnice

sklenjene v krožnice, teoretično nabiti delci nikoli ne bi mogli uiti iz tako narejene »magnetne kletke«. Žal v resničnih toroidnih magnetnih sistemih kljub močnemu magnetnemu polju vseeno prihaja do izgub delcev in energije. Vzrok za to so različni procesi v plazmi, kot so sevanje in trki med delci, ki povzročijo, da le-ti uidejo iz plazme skozi magnetne silnice.

Močna magnetna polja ustvarijo z velikimi električnimi tokovi, ki tečejo po ovojih tuljav, ki so zunaj reaktorske posode – to je vakuumske posode, v kateri vžgejo plazmo. Pogosto pa k magnetnemu polju, ki omejuje plazmo, pomembno prispevajo tudi električni tokovi, ki tečejo po sami plazmi. »Tokamak« je plazemska naprava toroidalne oblike (slika 3). Plazma v tem torusu deluje kot edini ovoj sekundarnega transformatorskega navitja.

Sprememba električnega toka skozi primarno navitje inducira električni tok po plazmi. Ta tok ustvari tako imenovano poloidalno magnetno polje. Električni tok po zunanjih ovojih pa ustvarja tako imenovano toroidalno magnetno polje, katerega silnice so sklenjene v krožnice znotraj toroidalne vakuumske posode s plazmo. Ko se toroidalno in poloidalno magnetno polje seštejeta, je skupno magnetno polje oblikovano tako, da so silnice magnetnega polja spiralno navite okoli osi, ki jo predstavlja srednji obseg torusa. Izkaže se, da takšno magnetno polje mnogo bolje omejuje plazmo kot samo toroidalni del tega polja.



**Slika 4: Pri stellaratorju kompleksno obliko magnetnega polja ustvarijo samo z zunajimi tokovnimi ovoji, ne da bi po plazmi tekli s transformatorjem inducirani električni tokovi.**



Električni tok, ki teče po plazmi, le-to tudi segreva z uporovnim gretjem. Žal se z naraščanjem njene temperature precej povečuje tudi električna prevodnost plazme, kar močno omeji učinkovitost uporovnega gretja. Ker transformator ne more neprekinjeno inducirati toka po plazmi, je vžiganje plazme pulzno. V tokamaku ni mogoče doseči njenega neprekinjenega gorenja. Del prizadevanj pri raziskavah je usmerjen v doseganje čim daljših pulzov.

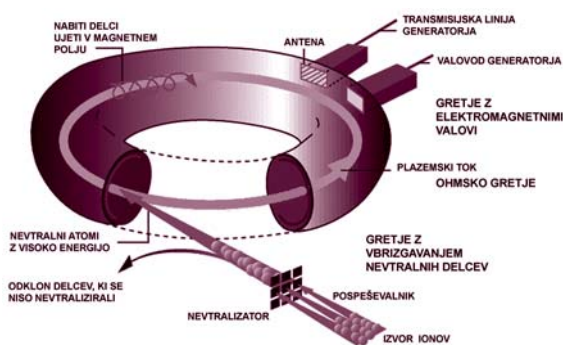
Nekoliko drugačen koncept fuzijskega reaktorja z magnetnim omejevanjem plazme se imenuje »stelarator« (slika 4).

Tudi pri stelaratorju je plazma zaprta v vakuumsko posodo toroidalne oblike. Vendar pa magnetno polje zelo komplicirane oblike, ki omejuje plazmo, ustvarijo izključno s tokovnimi navitji zunaj vakuumske posode, po plazmi pa ne poganjajo inducirane električnega toka. Plazma v stelaratorju torej daje možnost za stacionarno delovanje bodočega fuzijskega reaktorja. Ker po plazmi ne teče kakšen večji električni tok, je tudi mnogo manj težav z nestabilnostmi, ki jih leta skozi plazmo vedno povzroči. Slabša stran stelaratorja v primerjavi s tokamakom pa je, da so tokovna navitja okoli posode inženirsko zelo zahteven zalogaj, ker morajo biti zelo natančno nameščena.

Omeniti velja še dva podobna koncepta za magnetno omejevanje plazme, to sta kompaktni tokamak, ali sferomak in naprava z obrnjenim magnetnim poljem (reversed field pinch).

Da bi dosegli temperaturo plazme, ki je potrebna za fuzijo, je treba plazmo segreti. En način gretja plazme v tokamaku smo že omenili. To je uporovno gretje z električnim tokom, ki ga po plazmi poganjamo z indukcijo. Ker pa se prevodnost plazme z njeno naraščajočo temperaturo povečuje, samo z uporovnim gretjem ne moremo doseči temperatur, potrebnih za fuzijo. Zato je treba plazmo segreti še na dodatne načine. Dva načina sta: gretje z vbrizgavanjem visoko-energijskih curkov nevtralnih delcev v plazmo ter gretje z elektromagnetnimi valovi. Glavni trije načini gretja plazme so prikazani na sliki 5.

V magnetizirani plazmi je mnogo oscilacij z značilnimi lastnimi frekvencami. Ena od takšnih je ionska ciklotronska frekvenca. Če v plazmo oddajamo elektromagnetne valove z enako frekvenco, pride do resonance in s

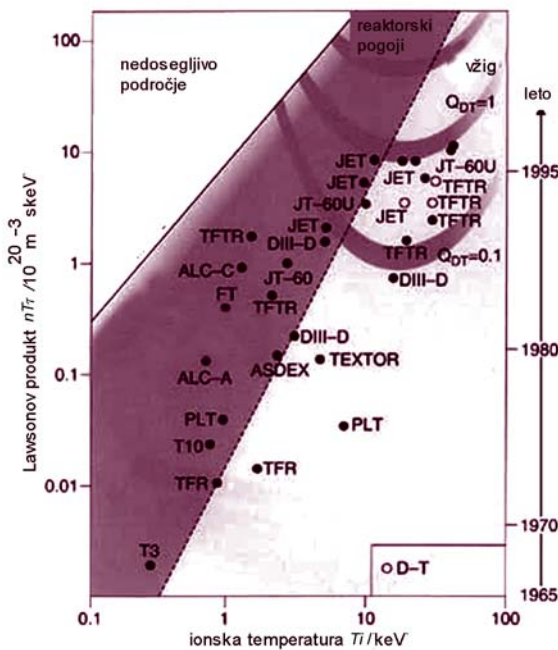


**Slika 5: Trije načini gretja plazme so: uporovno z vbrizgavanjem visoko-energijskih curkov nevtralnih delcev v plazmo in z elektromagnetnimi valovi.**

tem gretja plazme. Nevtralni delci, ki jih z visoko energijo vbrizgamo v plazmo pa le-to segrevajo, ko trkajo z ioni, ki so v plazmi. Pri trkih na ione prenesejo del svoje velike kinetične energije.

Da bodo fuzijske reakcije v plazmi lahko neprekinjeno tekale, mora plazma imeti zadostno temperaturo  $T$ , gostoto  $n$ , ioni pa se morajo v njej zadrževati dovolj dolgo, da se lahko zlijejo. Ta čas zadrževanja označimo s  $\tau$ . Izkaže se, da je pomemben produkt teh treh parametrov, to je  $nT\tau$ . Ta produkt je osnovno merilo, ki pove, kako blizu fuzijskim pogojem je določena fuzijska naprava. Lawsonovo merilo je enačba, ki pove, najmanj kolikšen mora biti produkt  $nT\tau$ , za določeno fuzijsko reakcijo (na primer devterij - tritij), da bo sproščena fuzijska moč izenačena z energijskimi izgubami zaradi zavornega sevanja in uhajanja delcev na steno. V tem primeru govorimo, da je prišlo do poravnave. Če narišemo produkt  $nT\tau$  kot funkcijo ionske temperature  $T$ , Lawsonovo merilo podaja krivuljo, ki razmejuje območje parametrov, kjer plazma lahko samostojno gori, brez dodatnega gretja, od področja, kjer to ni mogoče. To je srednja krivulja na sliki 6. Tik nad to krivuljo je območje poravnave - tukaj se vložena moč za gretje plazme in sproščena fuzijska moč izenačita. Razmerje med sproščeno fuzijsko močjo in vloženo močjo za gretje se imenuje faktor  $Q$ . Srednja krivulja na sliki 6 je meja, kjer je  $Q$  enak 1. Za komercialno elektrarno bo moral  $Q$  biti med 30 in 50.

Na sliki 6 so prikazani tudi dosežki različnih tokamakov, kot tudi letnice, kdaj je bila katera



**Slika 6: Napredek v smeri proti fuzijskemu reaktorju. Devterij in tritij sta bila kot gorivo uporabljena pri JET-u in TFTR-u.**

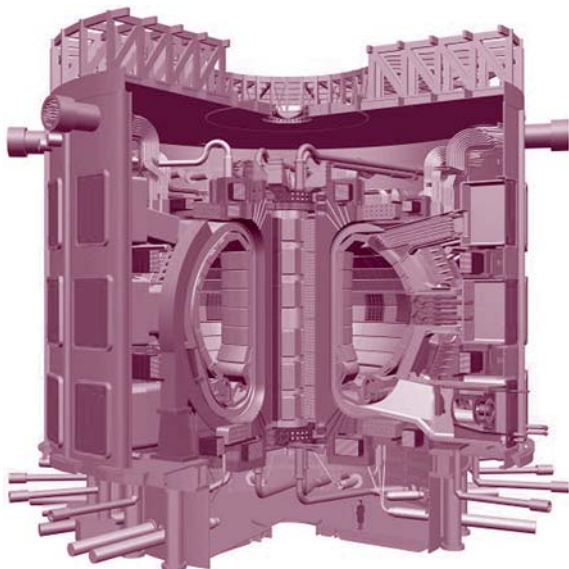
točka dosežena. Kot je razvidno, so vedno večji in boljši tokamaki v 40 letih produkt  $nT\tau$  izboljšali za skoraj 5 redov velikosti. Preprost način za izboljševanje omejevanja plazme ter s tem doseganja višje temperature in gostote je povečevanje njene prostornine. S tem je ionom podaljšana pot za pobeg do sten posode in čas omejevanja plazme se podaljša. Zaradi tega so od sredine šestdesetih let prejšnjega stoletja dalje gradili vedno večje tokamake. Tako se je zadnja generacija velikih tokamakov, kamor spadajo evropski tokamak JET, japonski JT-60 ter ameriški TFTR (ki pa so ga zaprli leta 1997), že zelo približala poravnavi ( $Q = 1$ ). JET in TFTR pa sta kot doslej edina tokamaka na svetu uporabila za gorivo devterij in tritij (slika 6).

Predstavniki naslednje generacije tokamakov pa je ITER. Ko bo zgrajen, bo to največji tokamak na svetu. Njegovo ime ima dva pomena. Iter je latinska beseda za pot. Nekateri pa ime razlagajo tudi kot kratico angleških besed International Tokamak Experimental Reactor, to je mednarodni eksperimentalni reaktor tokamak. Načrtovanje ITER-ja je bilo dokončano leta 2001, gradnja pa se bo začela, ko bo dosežen politični sporazum o kraju, kjer ga bodo

gradili. Predvidoma naj bi se to zgodilo še letos. Kandidata sta še vedno dve mesti, in sicer Cadarache v Franciji ter Rokkashu-mura na Japonskem. Gradnja ITER-ja bo predvidoma trajala 10 let, raziskave v njem pa naj bi trajale okoli 20 let. Grafični prikaz njegovega modela je na sliki 7. Navedimo nekaj osnovnih podatkov o ITER-ju.

Predvidena fuzijska moč je 500 MW. Razmerje med pridobljeno in vloženo energijo, tako imenovani  $Q$ -faktor, naj bi bilo 10. Glavni polmer plazme bo 6,2 m, manjši polmer pa 2,0 m. Električni tok po plazmi bo 15 MA, volumen plazme 850 kubičnih metrov, gostota magnetnega polja na glavnem obsegu torusa pa bo 5,3 tesla. Energije, ki se bo sproščala pri zlivanju jeder v ITER-ju, še ne bodo pretvarjali v električno ali kakorkoli drugače izkoriščali. To bo še vedno popolnoma raziskovalna naprava. Znanje, ki ga bomo pridobili z raziskavami na ITER-ju pa naj bi omogočila gradnjo prvega prototipa prave fuzijske elektrarne, ki že nosi konceptualno ime DEMO.

Že več kot štirideset let trajajoče raziskave na področju fuzije so tako letos pred novim mejnikom. Kako hitro bo prišel končni uspeh, je odvisno od mnogih dejavnikov. Kljub temu pa lahko že sedaj z gotovostjo trdimo, da bo kontrolirano zlivanje jeder v fuzijskih reaktorjih v prihodnosti zanesljiv, varen, čist in praktično neizčrpen vir energije za potrebe človeštva.



**Slika 7: ITER bo, ko bo zgrajen, največji tokamak na svetu.**

## POROČILO S TEHNIČNEGA SREČANJA AGENTLINK3 2005

*prof. dr. Matjaž Gams, E-9*

Na Institutu "Jožef Štefan" je v najhladnejših zimskih dnevih 28.2., 1.3. in 2.3. 2005 potekalo delovno srečanje AgentLink3 (<http://www.agentlink.org/>) v soorganizaciji Odseka za inteligentne sisteme.

Združenje je organizirano kot Co-ordination Action, European Commission's 6th Framework Program. Združuje mrežo evropskih raziskovalcev in razvijalcev s področja agentnih tehnologij. Združenje AgentLink podpira naslednje aktivnosti:

- objavlja svoja sporočila v obliki strokovne revije AgentLink News newsletter, ki izhaja v papirni in elektronski obliki;
- sponzorira in podpira aktivnosti v povezavi z agenti, tudi Agent Research Paper Clearinghouse;
- Organizira vsako leto poletno šolo o agentih;
- vzdržuje bazo s podatki o raziskovalcih agentov - Curricula database;
- organizira redna tehnična srečanja - forume, kot je bilo sedanje v Ljubljani, prejšnje v Rimu in bo naslednje v Budimpešti;
- pripravlja The AgentLink Technology Roadmap, neke vrste belo knjigo o razvoju in bodočih smernicah agentnih tehnologij;

Srečanja v Ljubljani se je udeležilo 70 raziskovalcev agentnih sistemov iz tujine, obisk pa je bil odprt tudi za študente Podiplomske šole Jožefa Stefana, ki so v skladu s programom v okviru predmeta »Omrežni inteligentni sistemi in agenti« lahko v živo spoznali evropsko raziskovalno srenjo in predstavitev raziskovalnih dosežkov. Srečanje je bilo delovno usmerjeno in specializirano, tako da so študentje dobili stik z aktivnim raziskovanjem, ki se razlikuje od klasičnega predavanja.

Program je zajemal naslednje sekcije in aktivnosti:

- AOSE - Agent-Oriented Software Engineering
- ENV - Environments for Multiagent Systems

**NOVICE IJS april 2005**



### Prizor iz velike predavalnice ob direktorjevem pozdravnem govoru

- MARA - Multiagent Resource Allocation
- SWA - Towards semantic web agents: Knowledge Web and AgentLink
- SELFORG - Self-organisation in MAS
- PROMAS - Programming Multi-Agent Systems
- Joint - Joint session PROMAS & AOSE
- Plenary Session (a) - Introduction to AL3-TF2. The AL3 Roadmap
- Plenary Session (b) - AOSE, ENV, MARA Reports. Discussion
- Plenary Session (c) - SWA, SELFORG and PROMAS/joint Reports. Conclusions

Sekcije so potekale vzporedno v treh oz. štirih dvoranah. Znova se je izkazalo, da je Institut izjemno privlačno akademsko okolje, ki omogoča znanstvena srečanja na najvišjem nivoju. Posebej velja zahvala vsem, ki so omogočili vskladitev urnikov in izposajo dvoran ter opreme in organizatorjem.

Informacije o srečanju v Ljubljani so pripravili tudi na straneh AgentLinka: <http://www.agentlink.org/activities/al3-tf/tf2/index.html>.

Izbrane prispevke s srečanja bomo objavili v posebni številki revije Informatica, edini mednarodni reviji na področju računalništva in informatike, ki izhaja v Sloveniji, in to na Institutu "Jožef Štefan".

Če kogarkoli zanima omenjena tematika ali materiali, naj se oglasi pri avtorju tega prispevka.



**OBISKI PO ODSEKIH****Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij F-2**

V okviru bilateralnega sodelovanja med Grčijo in Slovenijo sta bila od 23. 3. do 26. 3. 2005 na obisku prof. dr. Tasos Katsanos in prof. dr. Nikos Kallithrakas Kontos, Tehniška univerza na Kreti, Kreta, Grčija.

**Odsek za fiziko trdne snovi F-5**

Dne 4. 4. 2005 je prišel na obisk prof. dr. Jean Marie Dubois, CNRS, Institute Jean Lamour, Ecole des Mines, Nancy, Francija. Prof. Dubois je glavni koordinator evropske mreže odličnosti "*Complex Metallic Alloys*", v katero je vključen tudi Odsek za fiziko trdne snovi. V zvezi s tem je imel tudi pogovor z direktorjem instituta in predavanje z naslovom "*The world of Complex Metallic Compounds and the CMA European Network of Excellence*".

Od 20. 3. do 23. 3. 2005 je bil na obisku prof. dr. Lawrence J. Berliner, University of Denver, Institute of Chemistry and Biochemistry, Denver, Kolorado, ZDA. Namen njegovega obiska so bili pogovori o pripravi sodelovanja med obema institucijama.

V okviru sodelovanja pri raziskavah eksplozivov in farmakoloških učinkovin z metodo jedrske kvadropolne spektroskopije dušika je bila med 5. 3. in 12. 3. 2005 na obisku dr. Fani Milia, National Center for Scientific Research "Demokritos", Institute of Materials Science, Aghia Paraskevi Attikis, Grčija.

Od 20. 3. do 23. 3. 2005 je bil na obisku dr. Goran Bačić, Univerza v Beogradu, Institut za fizikalno kemijo, Beograd, Srbija in Črna gora. Namen njegovega obiska so bili pogovori o pripravi sodelovanja med Univerzo v Beogradu in Institutom.

**Odsek za reaktorko fiziko F-8**

Od 20. 3. do 22. 3. 2005 so bil na obisku predstavniki Evropske komisije iz Bruslja, Belgija. Walter van Hattun, Y. Capuet, Hagues de Smedt, dr. Barry Green in Pierre J. Paris. Walter van Hattun, Y. Capuet, Hagues de Smedt in dr. Barry Green so se kot člani Upravnega odbora fuzijske asociacije sodelovali na 1. seji upravnega odbora. V času svojega obiska so se gostje udeležili tudi odprtja razstave Fuzija - Energija bodočnosti (21. 3. 2005) in odprtja Stefanovih dnevov (21. 3. -25. 3. 2005).

Od 20. 3. do 22. 3. 2005 je bil na obisku Pierre J. Paris predstavnik Evropske komisije, Bruselj,

Belgija. Gost se je udeležil odprtja razstave Fuzija - Energija bodočnosti (21. 3. 2005) in odprtja Stefanovih dnevov (21. 3.-25. 3. 2005).

Med 10. 3. in 20. 3. 2005 je bil na obisku dr. Stanislav Grigorievič Stetsenko, Joint Institute for Nuclear Research, Laboratory of Heavy Energy, Dubna, Rusija. Namen obiska je bila analiza rezultatov, dobljenih pri delu pri bilateralnem projektu SLO-RUS 10/03-04 "*Reactions of fast ions with matter for medical and space research*".

**Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev F-9**

V okviru mednarodnega sodelovanja v kolaboraciji HERA-B in v kaloboraciji ICARUS je prišel na obisk prof. Walter Schmidt-Parzefall, Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg, Hamburg, Nemčija. V času obiska je imel tudi predavanje z naslovom "*Recent Results in Neutrino Physics*".

**Odsek za elektronsko keramiko K-5**

Od 14. 3. do 17. 3. 2005 je bil v okviru ekspertov centra odličnosti SICER na obisku dr. Artur Wymysłowski, Tehniška Univerza Wroclaw, Wroclaw, Poljska. V času svojega obiska je imel serijo predavanj na temo "*Virtual Prototyping in Microelectronics*".

**Odsek za nanostrukturne materiale K-7**

Na daljši delovni obisk (4. 4.-15. 6. 2005) je v okviru bilateralnega slovensko-kitajskega projekta "*Sub-nano analytical electron microscopy of interfaces and planar faults in ceramic materials*" (BI-CN/03-04-017) prišla študentka Jua-juan Xing, Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, Kitajska. Projekt na slovenski strani vodi doc. dr. Miran Čeh.

Dne 24. 3. 2005 sta prišla na obisk dr. Damir Kralj in prof. Ljerka Brečević iz Instituta Rudjer Bošković, Zagreb, Hrvaška. Obisk je bil v okviru sodelovanja pri novem bilateralnem projektu "*Obarjanje kalcijevega karbonata v magnetnem polju*".

Od 24. 3. do 27. 3. je bil na obisku dr. George Vekinis, NCRS "Demokritos", Advanced Ceramic Laboratory, Institute of Materials Science, Atene, Grčija. Obisk je bil namenjen pogovorom o sodelovanju pri dveh novih projektih, ki jih bosta v okviru 6. okvirnega programa EURATOM vodila dr. Saša Novak in dr. Goran Dražič.

**Odsek za biologijo in molekularno biologijo B**

Med 14. 3 in 19. 3. 2005 je bila na delovnem obisku pri skupini doc. dr. Dušana Turka dr. Marcia Alvarez-Fernandez, Odseka za klinično kemijo, Univerza v Lundu, Švedska. Dr. Alvarez-Fernandezova je imela v okviru obiska tudi predavanje z naslovom *“Crystal structure of human cystatin D, a cysteine peptidase inhibitor with a restricted profile”*.

V okviru bilateralnega projekta Slovenija-Hrvaška je na delovni dvodnevni obisk 16. 3. 2005 prišel mag. Zoran Štefanić, Institut Rudjer Bošković (Laboratorij za kemijsko in biološko kristalizacijo), Zagreb, Hrvaška.

Pri raziskovalni skupini Toksini in biomembrane je gostoval prof. dr. Sepp D. Kohlwein, Inštitut za molekularne bioznanosti, Univerza v Gradcu, Avstrija. Med svojim obiskom je imel prof. Kohlwein predavanje z naslovom *“4D-imaging of living yeast cells: analysing protein and organelle dynamics in vivo”*.

Na povabilo prof. dr. Vita Turka in v sodelovanju s slovenskim biokemijskim društvom so nas obiskali gostje iz Oddelka za molekularni metabolizem in biokemijsko genetiko Medicinske in stomatološke fakultete Univerze v Kagošimi, Japonska. V okviru obiska sta dne 14. 3. 2005 dr. Keiko Kobajaši in dr. Takejori Saheki imela predavanji *“Molecular genetics of citrin deficiency”* in *“Pathophysiology of citrin deficiency”*.

Med 6. 3 in 9. 3. 2005 je na Odseku potekalo mednarodno ocenjevanje FEBS – Evaluation Panel Visit.

**Odsek za znanosti o okolju O-2**

Od 22. 3. do 23. 3. 2005 sta na obisk prišla g. Zheng Huaxing in g. Zhu Liangi, Veleposlaništvo Kitajske. Obisk je potekal v okviru 1. mednarodne konference Okolje in ekonomija, v okviru katerega je Odsek za znanosti o okolju predstavil dejavnost Centra odličnosti okoljske tehnologije z namenom širjenja dejavnosti in trženja znanja na tuje trge. V okviru obiska je bil organiziran tudi ogled pilotne sežigalne naprave in laboratorijev O-2 na reaktorju.

Od 10. 4 do 13. 4. 2005 sta bila v okviru slovensko-hrvaškega sodelovanja *“Masna spektrometrija*

*biopolimerov”* na obisku prof. dr. Leon Klasinc in dr. Marko Rožman, Institut Rudjer Bošković, Zagreb, Hrvaška. Oba gosta sta se udeležila tudi 14. mednarodne konference z naslovom *“Spektroskopija v teoriji in praksi”*, kjer sta imela tudi predavanji. Prof. Klasinc je imel plenarno predavanje z naslovom *“Gas phase ligation of metal monocations with PAH and heteroanols”*, dr. Rožman pa sekcijsko predavanje z naslovom *“Gas phase H/D exchange of sodiated amino acids: Why do we see zwitterions?”*.

Na ogled hitre pnevmatske pošte na reaktorju zaradi možne aplikacije podobnega sistema je bila na obisku od 18. 3. do 22. 3. 2005 dr. Angela de Barros Correa Menezes, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Belo Horizonte, Brazilija.

V zvezi s slovensko-bosanskim sodelovanjem v okviru projekta *“Določevanje uranovih izotopov v vzorcih iz okolja”* je na delovni obisk prišla mag. Zorana Ilić, Zavod za javno zdravstvo F BiH, Sarajevo, BiH.

**Odsek za digitalne komunikacije in mreže E-6**

Na dvodnevni obisk je dne 7. 4. 2005 prišel prof. Nikola Rožić, Katedra za telekomunikacije FESB Univerze v Splitu, Split, Hrvaška. Namen obiska je bila udeležba na znanstvenem sestanku in priprava člankov.

**Rektorski infrastrukturni center RIC**

Zaradi pogovorov o sodelovanju je bil v času od 5. 4. do 7. 4. 2005 na obisku dr. Roberto Rosa, ENEA, Casaccia – TRIGA-reactor, Rim, Italija.

**Center za energetska učinkovitost CEU**

Dne 4. 4. 2005 je prišel na obisk dr. Thomas Hamacher, Max Planck Institute für Plasmaphysik, München, Nemčija. Namen obiska so bili pogovori o projektu *“Priprava energetskih konceptov mest in regij”* in pogovori na področju modeliranja energetskih sistemov.

V Novicah IJS objavljamo le tiste obiske, ki so vneseni v bazo podatkov (<http://www.ijs.si/ijs/obiski>). S tem lahko zagotavljamo večjo ažurnost, pravilnost in zanesljivost objav.

### NAVADNI PODRAŠČEC (*Aristolochia clematitis* L.)

V družino podraščevke (*Aristolochiaceae*) uvrščamo zelnate trajnice z enostavnimi, celimi, srčastimi listi brez prilistov. Njihovi cvetovi so lahko posamični, ovršni (na vrhu poganjka) ali po se jih od enega do osem razvije v zalistjih. So dvospolni, zvezdasti ali (dvobočno) somerni. Cvetno odevalo je enojno (perigon), tako čaše in venca na pogled ne ločimo. Šest do dvanajst prašnikov se pojavlja v enem ali dveh vretencih. Pestič sestavlja šest plodnih listov, po oploditvi pa se iz njega razvije plod, ki ga imenujemo glavica. To so enostavni suhi sejalni plodovi, ki nastanejo iz večlistne plodnice. Od naših rastlin v to družino prištevamo rastline iz dveh rodov. To so zelišča iz rodu kopitnik (*Asarum*) in podraščec (*Aristolochia*).

Podraščeece označujejo zalistni, somerni (zigomorfni) cevasti cvetovi z nekoliko upognjeno cvetno cevjo. Tako cevasto cvetno odevalo pravzaprav deluje kot past za žuželke. Po obroku nektarja, zaradi navzdol usmerjenih dlak in premajhnega premera te cevi, ne morejo enostavno odleteti, ampak se morajo najprej prebiti navzdol, kjer so v nekoliko prostornejšem delu skriti prašniki in pestič. Tako je žuželka, preden zapusti cvet primorana iti mimo oz. preko prašnikov in pestičev in s tem je možnost oploditve povečana. Šest prašnikov je zraslih z vratovi pestiča. Listi so okrogli, trikotno jajčasti do srčasti, pecelj pa krajši od listne ploskve.

Iz rodu *Aristolochia* v Sloveniji živijo štiri vrste. Od teh ima le navadni podraščec po dva ali več cvetov v zalistnih socvetjih, medtem ko imajo drugi trije posamične cvetove. Navadni podraščec ima tudi podaljšano koreniko, ki je lahko razvejena ali enostavna, pri drugih treh vrstah pa je korenika gomoljasta.

Cvetovi navadnega podraščeca so žvepleno rumeni, tako znotraj kot zunaj. Pecljati listi so globoko srčasti, goli, do 10 cm dolgi. Steblo je enostavno (ni razvejeno), visoko od 30 cm pa do slabega metra. Plodovi so viseče zelene glavice hruškaste oblike. Uspeva raztreseno po vsej Sloveniji, pojavljanje v alpskem območju pa je dvomljivo. Najdemo ga na obdelanih tleh, v grmovju in živih mejah, cveti pa navadno od maja do julija. Slika je iz podgorskega krasa pod Slavnikom, kjer je skupina navadnih podraščeecev krasila nasip železniške proge.

Rastlina je strupena, kar pa ne preprečuje ličinkam čipkastih dnevnik metuljev petelinčkov, (*Zerynthia polyxena*) iz družine lastovičarjev (*Papilionidae*), da bi se z njo hranili.

Jošt Stergaršek

Viri:

- Gradivo za Atlas flore Slovenije, N. Jogan (urednik), CKFF, 2001
- Mala flora Slovenije, Martinčič et. al., Tehniška založba Slovenije, 1999
- Gradivo za Atlas flore Slovenije, N. Jogan et al., Center za kartografijo favne in flore, 2001
- Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands, H. Haeupler, T. Muer, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2000



Foto: Jošt Stergaršek