

# Poput JFK-ovog spuštanja ljudske posade na Mjesec!

Lyndon H. LaRouche, mlađi

27. rujna 2006.

Objavljivanje „Izotopske ekonomije“ dr. Jonathana Tennenbauma u izdanju revije *Executive Intelligence Review (EIR)* u svesku 33, br. 40, namijenjeno je kao pomagalo vladama Euroazije i drugima u njihovim pripremama za diskusiju koja će se održati u skoroj web-konferenciji u Washingtonu i Berlinu 31. listopada. Iako mnogi državnici i drugi važni utjecajni ljudi ne moraju biti stručnjaci u ovim određenim područjima nuklearne fizike, mjere čiji opći pregled dr. Tennenbaum daje u svom članku, moraju se postaviti na međunarodni dnevni red za hitno usvajanje i program rada.



Apollo Project Archive

*Lansiranje rakete Apollo 16 16. travnja 1972. usmjerene na Mjesec. Izazov istraživanja Sunčevog sustava s ljudskom posadom još uvijek je pred nama, zajedno s hitnom potrebom razvoja "Izotopske ekonomije" ovdje na Zemlji.*

U svjetlu činjenice da se sadašnji svjetski monetarno-financijski sustav i institucije s njim u rodu već nalaze u klopci ubrzanog procesa raspada, hitno je da se prave važne alternative jasno postave sada u središte diskusije. Ovaj prijedlog ima

nakanu mogućeg usvajanja kao smjernice politike. U tu svrhu trebalo bi ga prepoznati kao ključ organiziranja trajne dugoročne zamjene i obnove od neizbježivog ranog raspada sadašnjeg globalnog sustava.

Pitanje ovdje, kao što sam isticao u ranijim pisanim i usmenim predstavkama koje sam podnosio raznoraznom službenom i drugom slušateljstvu, leži u tome što sve brža stopa kojom čovječanstvo troši mineralne i srodne sirovine biosfere našeg planeta zahtijeva da se okrenemo prema novoj dimenziji pristupa uporabe i nadopune određenih depozita, kao što su pitka voda i drugi minerali planetarne biosfere. Nastojanje regulacije uporabe pretpostavljene fiksne zalihe bitnih takozvanih „prirodnih“ resursa, lažna je i sada opasna doktrina. Umjesto gledanja na važne sirovine planeta kao da su fiksna cjelovitost, mi moramo sad uzeti na sebe odgovornost čovjekova stvaranja novih resursa koji će biti više nego dostatni za održavanje rastućeg svjetskog pučanstva na stalno boljem standardu fizičkog prinosa po glavi i osobnoj potrošnji.

Kao što dr. Tennenbaum razlaže u svom radu, kategorije tehnologija dovoljnih zadovoljenju potonje potrebe u predvidivoj budućnosti čovječanstva, već su poznate. Poanta je da moramo uvrstiti tu mogućnost preobraženja odlike znanstvenog i drugog odgovarajućeg života, koju moramo uvrstiti kao zamjenu beznadno bankrotiranom životu čovječanstva zadnjih desetljeća.

Objava izvješća dr. Tennenbauma u ovom izdanju *EIRa* ima namjeru poslužiti kao pravovremeni savjet državama čije će ugledne osobe nazočiti LaRouche PAC web-konferenciji 31. listopada 2006. iz Berlina i Washingtona.

# IZOTOPSKA EKONOMIJA

Dr. Jonathan Tennenbaum

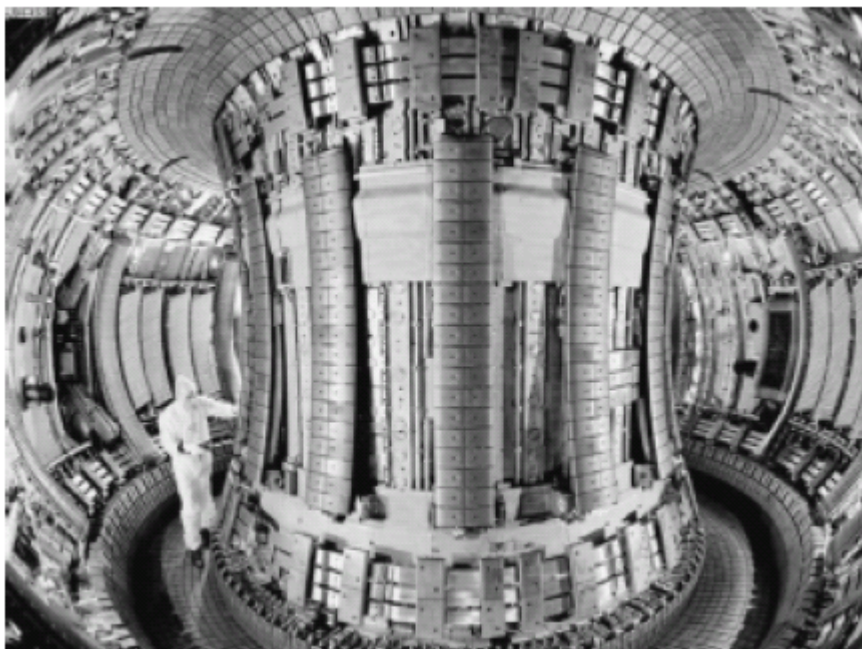
---

## Prolog

---

Predmet ovog eseja odsudni je sastojak gospodarske mobilizacije, koja se mora pokrenuti u neposrednoj budućnosti ako želimo spasiti svijet od fizičke i socio-političke propasti čija je jačina usporediva u globalnim razmjerima s događajima u Europi u razdoblju koje je dovelo do provale „Crne smrti“ u 14. stoljeću. Ovdje obrađujemo bitni problem kako nadvladati posljedice divljačkog uništenja visokokvalificiranih stručnih, industrijskih i znanstveno tehnoloških sposobnosti, pad razine školskog obrazovanja, pad vještine i spoznajnih moći radne snage, koji je nastao u vodećim industrijskim državama na Istoku i Zapadu uslijed političkih mjera zadnjih desetljeća, mjera globalizacije, deregulacije, privatizacije, „šok-terapije“ i „poslije-industrijskog društva“. Svaki ozbiljni program gospodarske mobilizacije i obnove mora uzeti u obzir činjenicu da se najveće, organski međusobno povezano spremište najviših razina znanstvenih istraživanja, tehničkih i napredno tehničkih kadrova i industrijskih sposobnosti na ovom planetu nalazi na i oko sektora nuklearne energije SADa, Rusije, Ukrajine, Japana, Njemačke, Francuske, Indije, Kine, Južne Afrike, Argentine, Brazila i nekih drugih, te u područjima astrofizike, svemirske tehnologije, geologije, biomedicine, povezano najviše s istraživanjima i primjenom nuklearne fizike. Upravo zbog same prirode nuklearne znanosti, njenim

korijenima i prošlosti, te potrebama svijeta u dolazećih 50 godina, mobilizacija svjetskog nuklearnog sektora, kao prethodnice i pogonskog stroja opće gospodarske mobilizacije vodećih svjetskih nacija mora uzeti točno određen oblik. Nakon diskusija s Lyndonom LaRouche-em, sa S. Subotinom iz Kurčatovog Instituta i F. Gareevim iz Udruženog Instituta za nuklearna istraživanja u Dubni, odabrao



Sveobuhvatna Izotopska ekonomija kao glavna goapodarska grana zahtjevat će razvoj kontrolirane termonuklearne fuzijske energije. Na slici, Joint European Torus (JET) [Zajednički europski prsten], eksperimentalni reaktor koji je proizveo preko 16 MW snage 1997. Značajan napredak se nastavlja u raznim usporednim fuzijskim nastojanjima.

sam to nazvati „**Izotopska ekonomija**“.

\* \* \*

Pred po prilici jedno stoljeće eksperimentalno je dokazano, da prirodno nastali kemijski elementi, čiji je pravilni harmonički red Dimitri Mendeljejev sjedinio u svom periodičkom sustavu, nisu homogena tijela, nego radije mješavina izrazitih vrsta atoma—izotopa—koji imaju gotovo isto kemijsko ponašanje ali potpuno različita fizička svojstva. Istraživanje te „nove dimenzionalnosti“ periodičkog sustava i procesa pretvorbe atoma na kojima ona počiva, dovelo je naposljetku do otkrića fuzije, fisije i drugih nuklearnih

reakcija, do ostvarenja prve nuklearne fizijske lančane reakcije i prvog atomskog oružja tijekom 2. svjetskog rata. Tvorba tih naprava ovisila je o razdvajanju čistog izotopa  $U-235$  iz prirodno nastalog uranija, i o umjetnom stvaranju, u nuklearnim reaktorima, prvih nekoliko kilograma *plutonija-239*: vrste atoma koji do tada nisu praktički postojali u Zemljinom prirodnom okružju.

Danas, šezdesetak godina nakon prve nuklearne reakcije uzrokovane čovjekovim djelovanjem, proizvodnja širokih razmjera energije iz nuklearne fizijske reakcije postala je stvarnost u 30 zemalja oko svijeta. Poznato je približno 3000 različitih izotopa, većina od njih umjetno stvorena, a preko dvije stotine su trenutno u komercijalnoj uporabi. Moderna zdravstvena skrb, i nebrojene druge ključne djelatnosti modernog društva, bile bi nezamislive bez dnevne uporabe stotinjak radioaktivnih izotopa, proizvedenih u nuklearnim reaktorima i ubrzivačima čestica. U međuvremenu tvorba nuklearnog oružja stubokom je promijenila lice povijesti, oblikujući čitavu eru takozvanog „hladnog rata“ i stvorivši prilike, gdje bi pokretanje velikih ratovanja u obliku znanom sve do 2. svjetskog rata ustvari predstavljalo čin samoubojstva. Zasiurno vrlo mali broj visoko školovanih osoba danas su sasvim svjesni opsega do kojeg su naš sadašnji svijet oblikovale posljedice što su se početno pojavile kao „infinitesimalne“ nijanse u ponašanju kemijskih elemenata. No ipak, posljedice onog što je pokrenulo otkriće zračenja i izotopa, izraslih iz Mendeljejevog „keplerskog“ poimanja periodičkog sustava, idu čak i dalje, daleko iznad svega što je svijet dosad vidio. Kao što su Vladimir Vernadski i drugi raspoznali već sto godina ranije, otkriće novih dinamičkih zakonitosti, koje prekoračuju kemiju periodičkog sustava i koje su blisko povezane s počecima našeg Sunčevog sustava i samih elemenata, imalo je značenje pokretanja temeljne revolucije u svim vidovima čovjekova odnosa prema Prirodi. Znanost je uručila u ljudske ruke novu moć: moć stvaranja „vatre“ milijun puta koncentriranije od procesa kemijskog sagorijevanja, glavne osnovice ljudskog civiliziranog postojanja od legedarnog Prometejevog dara. [Nova moć] Dostatna je poslati veliki brod dvadeset puta oko Zemlje s 55 kg goriva. Dostatna, u načelu,

podržati uspješno i rastuće ljudsko pučanstvo mnogo puta veće od postojećeg danas. Isto tako i moć ostvariti na Zemlji fizičke uvjete, koji se inače mogu naći samo među zvijezdama i središtima galaksija, moć koja otvara put u ne tako dalekoj budućnosti proširenju ljudskog djelovanja diljem nutarnjih područja Sunčevog sustava, a u konačnici i izvan.

Čovjekova početna vještina uporabe moći pretvorbe kemijskih elemenata i tvorbe novih stanja materije koja nije prije postojala na Zemlji a možda čak ni u svemiru u cjelini, prikazuje još jednom da živimo u svijetu Platona a ne Aristotela. To je svemir u kojem *procesu su prvenstveni*, u kojem „stalna na tom svijetu samo mijena jest“, i u kojem, kad radimo sa stvarima kao atomi i takozvanim elementarnim česticama, moramo neprestano govoriti, ne o „ovom“ nego „stoga“ (kao što je Platon napisao u Timeju – vidi citat kasnije). Više od svakog prijašnjeg „faznog stanja“ čovjekove fizičke ekonomije, nastanak ovog što zovem „izotopsko gospodarstvo“ označuje prilike u kojima se društvena praksa neophodno mora usmjeriti prema *istinskim idejama*: pronalazljivim, univerzalnim zakonitostima koje upravljaju promjenom i razvojem svemira, a ne prvenstveno osjetilnim predmetima. To znači kraj empirizma i materijalizma. Takva revolucija donosi velike stvari od politički dubljeg smisla. Njeno ostvarenje je očito nespojivo s daljnjim podnošenjem iracionalnog, oligarhijskog ustroja društva, u kojem su bitne odluke, koje utječu na budućnost nacija i sudbinu čovječanstva u cjelini, podložne hirovima sićušnog broja utjecajnih obitelji, dok ogromna većina čovječanstva živi u neznanju i servilnosti. Revolucija, koju je Vernadski najavio kao dolazak noosfere, i koju je vidio kao nerazdvojivu od buduće ere nuklearne energije, znači društvo koje živi prometejsku samo-zamisao Čovjeka. Znači društvo čiji se rad vrti oko načela stvaralačkog znanstvenog otkrića, kao što se planeti vrte oko našeg Sunca. Znači visoko obrazovano stanovništvo sposobno dogovorne samouprave, i ustrojeno na osnovi znanstvenog shvaćanja dinamičkog odnosa između suverenog stvaralačkog pojedinca, suverene nacije i interesa čovječanstva kao cjeline. Jednom rječju, slika društva koju su Leibniz i „američki Prometej“ Benjamin Franklin imali na umu

u prvotnom modelu republike na Novom svijetu. Ovo gledanje na budućnost čovječanstva nadahnulo je ogromni optimizam koji su ljudi širom svijeta povezivali s nuklearnom energijom—„atom u službi čovjeka”—na Istoku i Zapadu, Sjeveru i Jugu.

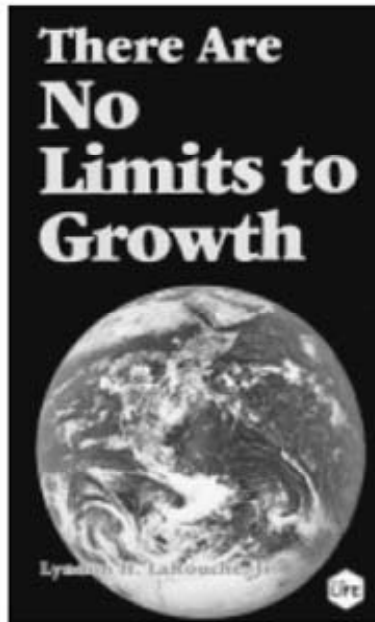
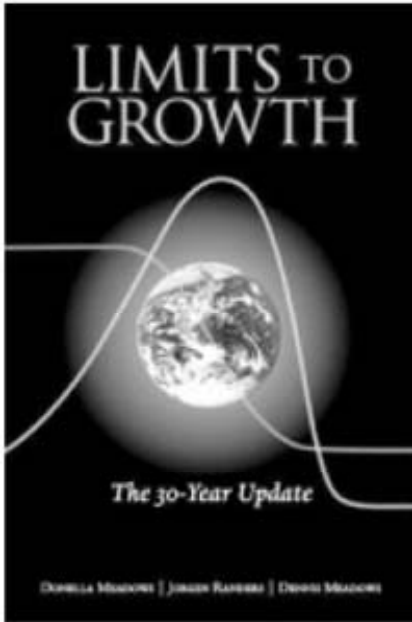
### ***Rat Olimpijaca protiv napretka***

Odgovor tom izazovu od oligarhijskih „Bogova s Olimpa” kako oni vide sebe, bio je izričit i divljački. Od 1964. dalje, sveopći psihološki i politički rat započet je protiv institucija i industrijskog društva, pa protiv samog pojma znanstvenog i tehničkog napretka. Bertrand Russell i njegovi krugovi gromko su proglasili napad, usredotočen na Sjedinjene Države, Britaniju i zemlje zapadne kontinentalne Europe, a izvršile su ga vodeće anglo-američke financijske ustanove i obavještajne agencije bliske Britanskoj monarhiji i oligarhijskim krugovima na kontinentu. Odgovor je ležao i u začetku orkestriranog širenja rokenrol-droge-seks „kontrakulture” mladih, pokreta Nove ljevice, studentske revolucije 1968., maltuzijanske propagande „Granica rasta” Rimskog kluba i pokret „Zelenih” boraca za okoliš širom svijeta. Te snage odabrale su *nuklearnu energiju*, najbistrije utjelovljenje znanstvenog i tehnološkog napretka i jedina najodsudnija tehnologija svjetskog razvoja u poslijeratnom razdoblju, kao glavno žarište svog napada. Usporedo s razrađivanjem kampanje protunuklearnog zastrašivanja, propisane su institucionalne mjere zaustavljanja širenja i razvoja nuklearne energije diljem svijeta: Vlada Jimmyja Cartera pokrenula je okret za 180 stupnjeva mudre politike „Atomi za mir” Predsjednika Eisenhowera. Pokušala je nametnuti praktički moratorij na nuklearni izvoz u zemlje u razvoju pod izgovorom „neproliferacije”, radila je na demontaži visoko stručnih sposobnosti nuklearnih istraživanja samih Sjedinjenih Država, te na odugovlačenju ili, po mogućnosti prestanku, ostvarenja kontrolirane fuzije kao izvora energije budućnosti. Protivljenje Carterove vlade i njenih nasljednika praktički je skršilo ambiciozne programe nuklearne energije Brazila, Argentine, Meksika i drugih zemalja u razvoju, kao i načine suradnje Sjevera i Juga kao na primjer dugoročni nuklearni ugovor Njemačke i Brazila. Usred protunuklearne histerije u razdoblju od

1980. – 1990., koju su masovni mediji izvještavanja orkestrirali, zaustavio se nuklearni program Njemačke, nekad svjetskog vođe u izvozu i prijenosu tehnologije nuklearne tehnologije, zajedno s manjim ali kvalitativno značajnim programima Švedske, Italije i nekoliko drugih država. Propašću Sovjetskog Saveza i naknadnom, divljom pljačkom i uništenjem znanstveno tehničkih i industrijskih kapaciteta te države, jedini najveći nuklearni sektor na svijetu van SADa gotovo je prestao postojati, da bi u zadnje vrijeme djelomično oživio.

Svo to uništavanje i više, već je svijetu najavio Bertrand Russell u svojim naprasito protuznanstvenim traktatima u razdoblju od 1940. – 1959. Russell je otišao tako daleko da je 1949. zagovarao bacanje atomske bombe na Sovjetski Savez u slučaju da se Sovjeti odbiju podvrći svjetskoj vladi koja bi imala absolutni monopol nad nuklearnom tehnologijom. Rusellova ključna tvrdnja—da je postojanje istinski suverenih država „preopasno” da bi se smjelo podnositi u vijeku nuklearnog naoružanja—ostaje osnovica uporabe takozvane „neproliferacije” kao izgovora za nijekanje prava svim nacijama i narodima na potpunu i neometanu uporabu plodova znanstvenog i tehničkog napretka. Ona ostaje osnovica de facto vladavine „tehnološkog apartheida”, usmjerenog iznad svega protiv većine čovječanstva koja živi u takozvanom Trećem svijetu. No oligarhijski pokušaji ugušenja nuklearne revolucije počeli su mnogo ranije od otkrića fisije 1934.-1938. Oni su se razotkrili u orkestriranom, antisemitskom progonu poljske katolkinje Marie Curie u Francuskoj, u ogorčenom protivljenju Max Planckovm otkriću na početku stoljeća, i u grubo nasilnom nastupu u mafijaškom stilu Nielsa Bohra i drugih prema Schrödingeru i Einsteinu na konferenciji u Solvayu 1927. Bohr i drugi izravno su *zabranili* svako razmišljanje u oprečnosti s odabranom okultno empiričkom doktrinom „komplementarnosti” i pretpostavljenim prirodanim statistički neodređenim svojstvom mikrofizičkih procesa. U suprotnosti Einsteinu, Schrödingeru i drugima, koji su nastojali osmisliti *višu zakonitost* na kojoj počiva naizgled *isprekidana odlika* kvantnih pojava, Bohr, Born, Pauli i drugi proizvoljno su ustvrdili da je stvarnost u mikrofizičkim razmjerima *suštinski* van pojmovnih sposobnosti ljudskog uma!





Od po prilici 1964. – 1968. nastao je sveopći napad protiv samog pojma znanstvenog i tehničkog napretka. Knjiga Rimskog kluba Granice rasta (vidi novo izdanje lijevo) postala je veoma utjecajna u vezi toga. LaRouche-ev pokret je odmah parirao svojim pamfletom s velikim optjecajem po sveučilištima i kasnije s Lyndon LaRoucheevom knjigom (desno)

Ovaj izravni, divljački napad na načelo znanstvenog stvaralaštva, ohrabrivši rastućim oligarhijskim preuzimanjem financiranja znanstvenog istraživanja, posebice kao posljedica 1. svjetskog rata, imao je očitu temeljnu svrhu razbiti ostatke prometejskog duha u fizikalnoj znanosti, probuđenog u vrijeme Rensanse, i podložiti znanost oligarhijskom programu. Do one mjere do koje su plodovi znanstvenog istraživanja bili potrebni u vojne ili druge „praktične“ svrhe, znanstvenicima je rad bio dopušten, no nije im se smjelo dopustiti *misliti* na istinsko stvaralački način! Ponovili su taktiku koju je jednom uporabio Laplace i drugi da bi skršili krugove Mongea i Carnota i preobratali prometejsku École Polytechnique u oruđe Napoleonove imperijalne moći. U nastavku teoretska nuklearna fizika razrađivala se, u rukama „Kindergartena“ po svemu sudeći veoma briljantnih i

sposobnih mladih znanstvenika, u gradivo koje još uvijek u većini ostaje danas ptolomejska mješavina međusobno proturječnih modela, matematičkog formalizma i metoda izračunavanja, koje znaju biti krajnje korisne, čak i neophodne u stonovitim specifičnim područjima primjene—kao što je izgradnja bombi!—no ne sadrži shvatljivu koncepciju svemira. Nije nimalo začuđujuće, da je u burnom razvoju događaja koji su doveli do otkrića nuklearne fisije, takozvana „teorija“ daleko zaostajala za eksperimentalnim radom, koji je bio stvarni „pogonski stroj“ razvoja. Samo otkriće fisije su prešutjeli kroz četiri godine, jer su teoretičari gledali na taj proces kao „nemoguć“.

Naknadni nagli razvoj nuklearne fizike i tehnologije, od projekta ratnodopske bombe sve do i uključujući ostvarenje civilne nuklearne energije i ogromnog kompleksa medicinskih i drugih primjena izotopa, vodili su i gurali naprijed uglavnom ljudi školovani u tradiciji fizikalne kemije, geokemije i srodnih polja prirodnih znanosti usko povezanih s industrijom. Ti ljudi, kao na primjer William Harkins, Noddackovi, ili Vernadski, često su prezirali matematički sofizam teoretičara, koji su se uzdigli na visinu „velikih svećenika znanosti“.



Maskirani teroristi napadaju nuklearku u Njemačkoj 1986. Antinuklearna histerija uspjela je zatvoriti njemački nuklearni program. Nekad je Njemačka bila vodeća svjetska zemlja u izvozu nuklearne tehnologije.





*Kemičar William Draper Harkins bio je jedan od onih koji je stekao stručnost u industrijski usmjerenim poljima prirodne znanosti, koji je prezirao matematičku sofistikeriju u znanosti establišmenta.*

Ti sporazumi američko-sovjetskih vlada oblikovali su svjetski razvoj događaja u cijelom razdoblju sve do propasti Sovjetskog saveza. Njihove posljedice dospjele su i u školske razrede. Prokrčili su, na primjer, put liberalnim školskim reformama u 1960. – 1970. u američkim i NATO zemljama, koje su srozale na nisku granu ulogu „čvrste fizikalne znanosti“ u općem školstvu u korist takozvanih društvenih nauka, kao i put naknadnom napadu na koncepciju znanstvenog i tehničkog napretka. Utemeljenjem ustanove International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) [Međunarodni institut za primjenjenu analizu sustava] kao zajedničkog projekta najviših elemenata anglo-američkog establišmenta i sovjetske nomenklature, oligarhijska zamisao, koja je bila podloga dugoročnom dogovornom programu 'stambene zajednice' [dviju supersila] izašla je na vidjelo, a ta je bila upravljanje svijetom metodama suštinski oprečnim prometejskom porivu u znanosti. Mnogi na sovjetskoj strani nisu shvatili, da će uklanjanje Sovjetskog Saveza, a naročito njegovih naprednih znanstveno tehničkih potencijala kotirati visoko na listi.

Jedini znatni pokušaj oslobođenja svijeta iz okova te politike bila je Lyndon LaRoucheeva borba prouzrokovati temeljne promjene u strateškim odnosima dviju nuklearnih supersila, s težištem na zajednički dogovorenim opredjeljenju objiju strana za razvoj i primjenu antibalističkih obrambenih raketnih sustava na osnovi „novih fizičkih zakonitosti“ (kojiput zvanih oružje snopa čestica ili direktne energije). One bi poništile doktrinu „Uzajamno osuguranog uništenja“

i time čitavu igru Bertranda Russella i Szilarda, a istovremeno dozvolile obim nacijama da uđu u model „znanostu vođenog“ gospodarstva u kojem bi revolucionarna civilna uzgredna korist od istraživanja „novih fizičkih zakonitosti“ mnogostruko isplatila ulaganja u obrambene sustave. Nažalost sovjetski Glavni Tajnik Jurij Andropov odbio je prijedlog kojeg je LaRouche dostavio i istraživao u diskusijama preko „kanala u pozadini“. Šest godina kasnije Sovjetski Savez je propao, kao što je LaRouche opominjao da će se dogoditi, ako odbiju njegov prijedlog. Politika uništenja SSSR-ove visoko-stručne znanstveno-industrijske sposobnosti krenulo je punom brzinom. No prestankom Hladnog rata potreba nastavljanja velikih državnih ulaganja u naprednu znanost i tehnologiju u Sjedinjenim Državama i Zapadnoj Europi, s oligarhijskog stajališta, više nije postojala. Niti je bilo ikakve „potrebe“ održavanja cjelokupne industrijske baze. Vrata brane su se otvorila divljačkoj deindustrijalizaciji i „outsourcing“-u proizvodnje u zemlje „jeftine radne snage“, popraćeno rastom divovskog špekulantskog napuhanog mjehura u financijskom sustavu. Za većinu mladeži koja je odrastala u bivšim industrijskim zemljama istinski znanstveni i tehnički napredak je u najboljem slučaju davna uspomena iz druge ruke.

Došlo smo do kraja jednog razdoblja. Ako se uništenje velikih dijelova ukupnog znanstveno tehničkog potencijala čovječanstva, gubitak većine najkvalificiranije radne snage i zaglupljenje pučanstva u bivšim industrijskim zemljama uskoro ne preokrene, svjetsko će gospodarstvo biti osuđeno na neizbježivu fizičku propast. Nema nikakvog načina da bi zemlje svijeta u razvoju, uključujući Kinu i Indiju sa svojim oceanima siromašnih ljudi, mogle stvarati tehnologije nužne njihovom dugoročnom preživljavanju, bez oživljenja onih znanstvenih i industrijskih sposobnosti u SADu, bivšem Sovjetskom Savezu i Europi, svojstvenih prvim desetljećima razvoja nuklearne energije. Svijet se suočava s jednostavnim odabirom: ili će pokrenuti gospodarsku mobilizaciju, pridruživši se ponovno stazi razvoja „nuklearnog doba“, koju su Vernadski i drugi predvidjeli ili pad natrag u ubistveni mračni vijek. Prometeja se mora osloboditi okova! Ljudska civilizacija ne može preživjeti bez znanstvenih revolucija.

## **Nuklearni Preporod**

Trenutno svijet je svjedok početnih etapa oživljenja nuklearne energije, koje obuhvaća ne samo glavne zemlje u razvoju kao Kinu, Indiju, Južnu Afriku, Argentinu, Brazil i druge, nego isto tako Rusiju pa čak i napredne sektore Zapadnih zemalja kao što su SAD, koje su praktički pred nekih 30 godina napustile svoje nekad ambiciozne programe nuklearne energije iz blesavih ideoloških razloga. Ako se svijet ne sroza u mračni vijek kaosa i rata, razdoblje konstrukcije velikih razmjera nuklearni je predprogramiran samo zbog čistog opsega i hitrine širenja zahtjeva za električnom energijom i drugim vrstama energije, i potrebom obnove velikog dijela postojećih kapaciteta energetskih centrala, koje dostižu kraj svog životnog vijeka proizvodnje. Međutim svijet u kojem sad živimo nije isti kao što je bio u trenutku napuštanja razvoja nuklearne energije pred tri desetljeća. Čak i svestrano opredjeljenje za program izgradnje nuklearni ne bi sad bio u mogućnosti nadoknaditi groznu štetu koju su svjetsko gospodarstvo, pa čak i ljudska civilizacija općenito, pretrpjeli kao posljedicu sabotaže razvoja nuklearne energije i ustvari rata protiv industrijske kulture čiji je odsudni i avangardni sastojak bila nuklearna energija. Velik dio znanstvenih i inženjerskih sposobnosti koje su nekad postojale u SADu, Njemačkoj, Rusiji, Italiji, Švedskoj i drugim zemljama jednostavno ih tamo više nema. Mora ih se ponovo izgraditi procesom koji će zahtijevati jedno pokoljenje ili više. U međuvremenu, zamašni izazovi pred čovječanstvom, koje su rani arhitekti razvoja nuklearne energije razaznali 50 godina ranije na obzoru budućnosti, stoje danas pred našim pragom: potreba za proizvodnjom ogromnih količina pitke vode desalinizacijom ili drugim umjetnim načinima; potreba za zamjenom izgaranja naftnih proizvoda kombinacijom električne energije i sintetskih goriva na bazi vodika; potreba za primjenom mnogo većih gustoća energije u vađenju, preradi i recikliranju osnovnih sirovina, i više.

Da bi se zadovoljile sve te potrebe, treba sad pokrenuti revolucionarnu *novu fazu* u razvoju nuklearne energije. Okrstio sam je kao „Izotopska ekonomija“.

## **Što je Izotopska ekonomija?**

Neposredni kontekst pojave „Izotopske ekonomije“ je započeti sada tranzicijski proces globalne fizičke ekonomije sa sadašnje još uvijek prevladavajuće uloge fosilnih goriva na nuklearnu energiju kao glavnu osnovicu svjetskih sustava proizvodnje energije, kako glede proizvodnje električne struje tako i, sve više, industrijskih toplinskih procesa i proizvodnje sintetskih goriva na bazi vodika da bismo pokrili rastući postotak potrošnje kemijskih goriva. Prva etapa tog procesa oslanja se na nuklearne fizijske reaktore, sa sve većim težištem na visokotemperaturne reaktore (hladene plinom, kao i tekućim metalom, te sustavi sa sporim i brzim neutronima), i na integrirani ciklus goriva sa sveobuhvatnom ponovnom preradom i recikliranjem fizijskih sirovina koristeći torij kao i uranij i plutonij. Nužni inventar fizijskih reaktora obuhvaća golemi spektar raznih konstrukcija reaktora, uključujući reaktore male veličine, modularnih jedinica serijske proizvodnje kao i standardnih velikih jedinica, te reaktora optimiziranih za razne uporabe kao električne generatore, industrijske toplane, uređaje za desalinizaciju, za proizvodnju vodika i drugih sintetskih goriva, reaktori za „oplodnju“ fizijskih goriva i transmutaciju nuklearnog otpada, brodske motore, itd. Reaktori koji zahtijevaju malo ili nikakav nadzor i imaju veoma dugotrajan rad bez snabdijevanja gorivom—takozvane „nuklearne baterije“—mogle bi igrati značajnu ulogu u rubnim područjima i područjima svijeta u razvoju.

Prijelaz na nuklearnu energiju kao osnovicu svjetskog energetskog sustava iziskuje masivnu izgradnju industrijskih kapaciteta za odjeljivanje izotopa i ponovnu preradu nuklearnih sirovina s težištem na uporabi revolucionarnih laserskih tehnologija i tehnologija na osnovi plazme. Ta izgradnja bi sa svoje strane dala neposrednu odskočnu dasku za nastanak „Izotopske ekonomije“.

Svojstvo „Izotopske ekonomije“ ima četiri odlike:

**Prvo**, „Izotopska ekonomija znači objedinjenje čitavog otvorenog niza pojedinih vrsta atoma znanih kao „izotopi“, a danas znamo za njih 3000, u gospodarstvu kao sasvim raznolikih



instrumenata ljudskog djelovanja. Pomoću toga poznati sustav od 92 i više elemenata Mendeljejeve periodične tablice mora se zamijeniti, u širokoj gospodarskoj praksi, s neusporedivo složenijim i mnogostranim Sustavom izotopa. Na prvi pogled, taj razvoj imaće težište na podskupom od oko 1000 izotopa a kasnije će međutim taj broj rasti kad se pronađu mogućnosti produljenja vremena života čak i izotopa s veoma kratkim životom, preinačenjem ili čak suzbijanjem radioaktivnosti nestabilnih jezgri i njihovim pretvaranjem u ekonomski iskoristivu tvar, „vežući“ ih u prikladne fizičke geometrije. Istovremeno Izotopska ekonomija će sustavno *proširivati* niz izotopa, izvan onih koje znamo danas, duboko u doseg superteških (transuranijskih) novih elemenata i „egzotičnih“ izotopa postojećih elemenata. Svaka od tih vrsta predstavlja jedinstvenu okolnost svemira, jer svaka posjeduje svežanj jedinstvenih svojstava i anomalija relativno prema drugima, obogaćujući spektar stupnjeva slobode u razvoju čovječanstva i svemira.

**Drugo**, način gospodarske uporabe samih izotopa drastično će se promijeniti, proširujući se daleko izvan sadašnje prevladavajuće uporabe kao izvora ionizacije, markera i kao sredstva specijaliziranih znanstvenih istraživanja, te će prebaciti težište na primjene mnogo većih razmjera u *probrano finom „ugađanju“ subatomske procesa*, kako glede inorganskog područja tako i specifične uloge izotopa na području živućih procesa. Od neposredne važnosti u prvoj etapi Izotopske ekonomije bit će razlike u masi i iznad svega u magnetskim svojstvima jezgri izotopa, koje međusobno djeluju jedna s drugom i sa strukturom elektrona u svom okružju procesima koje danas zovemo kao „hiperfine interakcije“ i „nuklearna magnetska rezonancija“. Taj bi razvoj trebao biti koristan u usporedbi s uvođenjem načela „dobrog ugađanja“ u vokalnoj polifoniji u glazbi, gdje sitni pomaci u intonaciji izazovu pojavu novih „prijelaza glasova“ između i među glasovima, prozrokujući silno povećanje snage u razmijeni ideja.

Potpunim iskorištenjem dubljeg smisla te neodređenosti, koja nastaje u kemiji otkrićem raznih izotopa jednog te istog elementa, čovječanstvo otvara „višu kardinalnost“ mogućnosti, neusporedivo većih nego što bi se moglo nazreti iz pukog

gore navedenog numeričkog povećanja iskoristivih atomskih vrsta. Ako na primjer sastavljamo organsku molekulu sa 4 atoma ugljika u nesimetričnim položajima, onda odabirom za svaki „ugljik“ iz jednog od dva stabilna izotopa ugljika, C-12 ili C-13, dobivamo 16 različitih molekula iste kemijske strukture ali različitih „fino ugođenih“ magnetskih i drugih svojstava. Ako uključimo i izotop C-14 s dugim vremenom života, broj se penje na 81. Ako povrhu toga imamo 5 atoma vodika u molekuli, onda odabirući između običnog vodika, i stabilnog izotopa deuterija možemo dobiti krajnji broj od 2592 različite molekule! „Izotopski konstruirani materijali“ sastavljeni iz čistih izotopa ili njihove odabrane kombinacije, posjedujući nove „kolektivne“ fizičke odlike početak će istiskivati primitivnije vrste materijala koje danas koristimo u ljudskim djelatnostima. Neki se od njih već razvijaju danas. Osim svojih posebnih termalnih, magnetskih, električkih i mehaničkih svojstava ti materijali će igrati bitnu ulogu u ostvarenju novih oblika nuklearne energije i tvorbi i primjeni koherentnog zračenja ultrakratke valne dužine, kao što su laseri gama zraka. Istovremeno čovječanstvo stoji na pragu revolucionarnog razvoja u biologiji i medicini, kad konačno shvatimo *na koji način se temeljna različitost između živih i neživih procesa*, kao što su je najsnažnije prikazali Pasteur i Vernadski, *izražava na subatomskej razini*. Iako ne možemo danas predvidjeti točne oblike koje će ta revolucija uzeti, već znamo da će se uvelike raditi o specifičnoj ulozi izotopa u živućim procesima i da će dovesti do kvalitativne i kvantitativne preobrazbe uporabe izotopa ne samo u biologiji i medicini nego i agrikulturi i upravljanju biosferom kao cjelinom. Sasvim je pojmljivo da promjenom i kontrolom izotopskog sastava biljne, životinjske i ljudske ishrane na određene načine, čovječanstvo može postići raznovrsne korisne učinke, a u ne tako dalekoj budućnosti proizvest će se veoma velike količine izotopski obogaćene tvari s tom svrhom.

**Treće**, Izotopska ekonomija će koristiti umjetnu transmutaciju velikih razmjera, da bi ostvarila različite vrste atoma kao sirovina u industrijskoj proizvodnji. To znači, za početak, uporabu nuklearnih fisijskih reaktora u sprezi s ponovnom preradom svih fisijskih proizvoda, sve više i više kao *generatorima atoma i napravama za transmutaciju*, radije nego

prostim izvorima topline i električne energije. Po svojoj vlastitoj prirodi fisijske reakcije teških jezgri proizvode širok spektar lakših izotopa kao i strujanje snopa neutrona koje može pobuditi daljnje transmutacije okolnih tvari. Sljedeći korak bio bi dodatak mogućnosti nuklearne fuzije i stvaranje spleta „fisijsko fuzijskog gospodarstva“ oponašajući astrofizičku tvorbu elemenata u određenom pogledu. Izdašna strujanja neutrona nastalih fuzijskom (deuterij-tricij) reakcijom, dopustila bi mnogo brže stope „oplodnje“ goriva fisijskih reaktora, i transmutacije općenito. Proizvodnja neutrona kroz „cijepanje [spallation]“ daje treću metodu stvaranja atoma u velikim razmjerima, vjerojatno počevši s kapacitetima transmutacije više razine nuklearnog „otpada“. U predvidivoj budućnosti početak će se javljati usavršenije metode zasnovane na koherentnom kontroliranju nuklearnih procesa putem precizno ugođene magnetske radijacije i srodnih načina. Čovjek će postupno razviti sposobnost sinteze makroskopskih količina atoma svake željene vrste, povećavajući ih po svojoj volji, a to će činiti u takvim razmjerima da će značajno nadopuniti, a u nekim slučajevima i premašiti odlike i količine sirovina dostupnih iz „prirodnih izvora“. Usporedo s umjetnom tvorbom elemenata, primjene visokotemperaturnih plazmi u preradi rudača, otpada i drugih materijala—takozvana „fuzijska baklja“—uvelike će povećati domet prirodnih sirovina koje se mogu ekonomično iskoristiti i omogućiti praktički 100% recikliranje potrošenih materijala u gospodarstvu.

**Četvrto,** Izotopska ekonomija je suštinski „astrofizička“ po svojoj prirodi i kulturnom usmjerenju. Njeno održavanje i razvoj ovisit će o opsežnim, stalnim astrofizičkim istraživanjima, koja se ne mogu vršiti samo sa Zemlje i područja blizu Zemlje nego trebaju širenje ljudskih djelatnosti diljem nutarnjih područja Sunčevog sustava. Da bismo savladali subatomske procese za Izotopsku ekonomiju na Zemlji moramo naučiti kako ti procesi rade u galaktičkim razmjerima prostorvremena, i moramo doći, mnogo bolje nego što nam sadašnja zemaljska nagađanja dopuštaju, do saznanja predhistorije našeg vlastitog Sunčevog sustava i postanka elemenata koje nalazimo u njemu. Te potrebe se pretvaraju u zahtjeve za izgradnjom prostranih mreža svemirskih astronomskih osmatračnica u putanjama oko sunca,

sposobnih vršiti interferometrijska i srodna mjerenja našeg galaktičkog i van-galaktičkog okružja u velikoj mjeri sa putanje Marsa, te još uvelike proširen program istraživanja samog Sunčevog sustava. Sve to se ne može postići bez uspostave logističko proizvodne infrastrukture velikih razmjera u svemiru, s težištem na Mjesecu i Marsu, s mogućnosti održavanja brojne znanstveno tehničke radne snage koja će živjeti i raditi kroz duže vrijeme daleko od Zemlje na relativno neovisnoj bazi. Suprotno tome, upravo „kvantni skok“ u sveukupnoj produktivnosti, svojstven tehnološkom razvoju „Izotopske ekonomije“ učinit će izvedivim rutinska putovanja širom nutarnjeg Sunčevog sustava i uspostavu stalnih kolonija na Marsu s ljudskom posadom. Fuzijski pogonski sustavi će na primjer skratiti višemjesečno vrijeme putovanja, moguće sa sadašnjim kemijskim pogonskim sustavima, između Zemaljske orbite i Marsa na nekoliko tjedana ili kraće.

---

## Izotopska ekonomija u procesu nastajanja

---

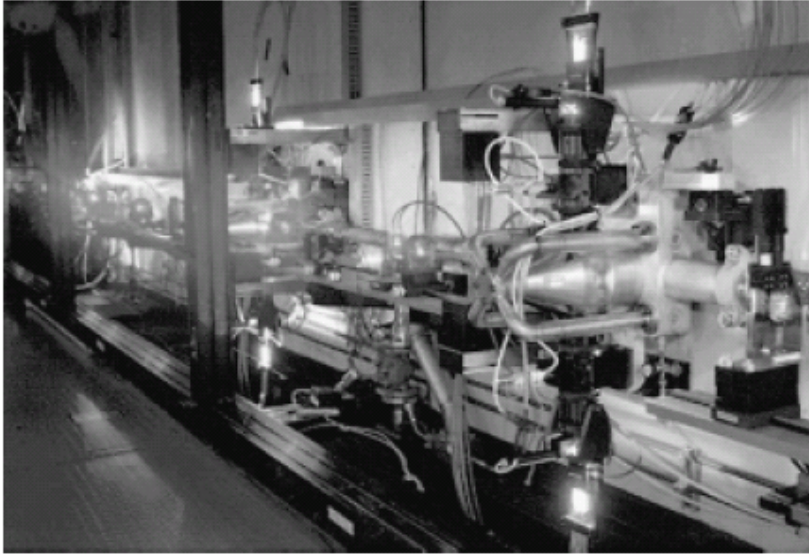
Čitateljima koji nisu upoznati s novijim razvojem nuklearne tehnologije i srodnih grana, naše davanje obilježja „Izotopskoj ekonomiji može izgledati kao veoma daleka vjerojatnost, čak kao primjesa „znanstvene fantastike“. U stvarnosti „Izotopska ekonomija“ je već u *procesu nastajanja*, i mnoga njena svojstva već postoje u više ili manje razvijenom obliku u laboratorijima i naprednim proizvodnim postrojenjima oko svijeta.

**Odjeljivanje izotopa** Tehnologija odjeljivanja (separacije) izotopa, čiji je napredak jako ometala monopolizacija njene vojne primjene, bila je podvrgnuta revolucionarnom razvoju u zadnjih 20 godina. Početni prodori u laserskim i plazma metodama (AVLIS<sup>†</sup>, SILEX<sup>‡</sup>, plazmena centrifuga, ciklotronska ionska rezonancija itd.) sve više su se usavršili i njihov domet u industrijskim primjenama širio se na sve veći broj izotopa. Isto tako kraj Hladnog rata oslobodio je znatne kapacitete odjeljivanja izotopa, koji su se ranije koristili u vojnim sektorima Sjedinje-

---

<sup>†</sup> Atomic Vapor Laser Isotope Separation

<sup>‡</sup> Separation of Isotopes by Laser EXcitation



*Atomic Vapor Laser Isotope Separation (AVLIS) tehnologija se razvila 1971.-1979., a kompletno testno postrojenje sagrađeno je u Lawrence Livermore National Laboratory-ju, gdje su uspješno predstavili obogaćenje urana i drugih potencijalnih uporaba izotopa u razdoblju nakon 1990. No AVLIS je zatvoren, zapanjujući primjer "vlasničkih vrednota" [vlasnici dionica]. Američki Zakonski Prijedlog o Energiji iz 1992. "privatizirao" je obogaćivanje urana prenoseći tehnologiju na privatnu tvrtku, USEC, koja je 1999. odlučila zaustaviti AVLIS projekt, jer je povrat na ulaganja predstavljao prevelik rizik za vlasnike dionica. Testno su postrojenje demontirali. Ovdje, laser na boje [dye] u projektu AVLIS.*

nih Država i Sovjetskog Saveza za civilnu uporabu. To je sa svoje strane uvelike proširilo doseg općenito dostupnih izotopa i smanjilo njihove cijene, ubrzavši traganje za novim primjenama na svim poljima.

**Kvalitativna preobrazba uporabe izotopa** Potreba i proizvodnja izotopa trenutno raste eksponencijalnom stopom, predvođene posebice medicinskom uporabom radio-izotopa. Samo se u Sjedinjenim Državama danas sprovodi oko 10 milijuna procedura svake godine koristeći radio-izotope. Istovremeno imamo *kvalitativni skok u opsegu* primjena čistih i obogaćenih izotopa u gospodarstvu, što se dobro može vidjeti na primjeru sve veće uloge stabilnih izotopa, i početnim nastancima novih industrijskih sektora koji proizvode „izotopski konstruirane materijale“ u proizvodnji poluvodičkih uređaja i specijalnih mehaničkih sastojaka kao što su rezači alati u strojevima obrade metala. No to je tek početak zamašnog razvoja usporedivog po relativnoj gospodarskoj važnosti eksplozivnom razvoju kemijske industrije kroz stotine godina započetom sredinom 19. stoljeća.

## **Izotopski ugođeni materijali**

U tom postupku natkriljujuća uloga *radioaktivnosti* u većini sadašnjih uporaba izotopa postepeno se zamjenjuje *drugim svojstvima*, povezanim s *probrano finim „ugadanjem“* nuklearnih interakcija te s *kolektivnim odlikama* materijala izrađenih posebno odabranim kombinacijama izotopa. Različitost među izotopima jednog te istog elementa postaje stoga sve važnija u primjenama koje nemaju nikakvu izravnu vezu s radioaktivnosti ili čak *očigledno* s takozvanim „nuklearnim svojstvima“ izotopa. Kad se ugrade u kristalne rešetke ili druge molekularne strukture, jezgre različitih izotopa imajući različite mase osciliraju drugačijim frekvencijama. Iz tih razloga, među

ostalim, materijali izrađeni uporabom samo jednog, pažljivo odijeljenog izotopa danog elementa imaju različitu i koherentniju nutarnju „ugodnost“ od materijala nastalog mješavinom izotopa. Oni pokazuju značajno drukčije ponašanje. Za sada, na primjer, laboratoriji širom svijeta istražuju mogućnost savladavanja postojećih ograničenja na gustoće energije i prema tome na moć izračuna poluvodičkih čipova koristeći čiste izotope silikona. Otkriveno je da „izotopski čiste“ strukture silikona, kao i ugljika i nekih drugih elemenata posjeduju znatno veću toplinsku vodljivost od odgovarajućih „prirodnih“ materijala. Veća toplinska vodljivost ubrzava potencijalnu stopu odstranjenja topline s poluvodičkih čipova dopuštajući im rad na višoj energiji bez pregrijavanja. Sličan učinak su pokazali „izotopski čisti“ dijamanti otvorivši mogućnosti veće produktivnosti rada raznih strojeva. Ustanovilo se da su dijamanti izgrađeni od čistog ugljika-13 znatno tvrdi od dijamanta sastavljenih od prirodno dobivenih mješavina izotopa.

## Hiperfine interakcije i magnetski učinci izotopa

Ove primjene, međutim, koriste posljedice razlika u *masi* među izotopima, a još ne uzimaju u obzir ustvari mnogo bitniju odliku različitosti, a to su naime njihova *magnetska svojstva* odsudna pri pojavi *nuklearne magnetske rezonancije*. Kao što ću pokazati u sljedećem poglavlju, otvorilo se novo polje kemije i biologije u zadnjih nekoliko godina u sprezi s eksperimentalnim dokazom da takozvane „hiperfine interakcije“ povezane s jezgrama igraju temeljnu ulogu u svim živućim stanicama. Magnetski učinci ovisni o jezgri izotopa postat će sve važniji isto tako i u određivanju ponašanja umjetnih (čovjekom stvorenih) neživih materijala, obuhvaćajući najvjerojatnije nove vrste „supervodiča na sobnim temperaturama“.

## Fisijski reaktori kao tvornice atoma

U međuvremenu gospodarska važnost izotopa, proizvedenih u reaktorima i ubrzivačima nuklearnom fisijom na mnogo načina *već sada* je veća od važnosti električne energije koju ti isti reaktori proizvode! U predvidivoj budućnosti umjesto da se na fisijske reaktore gleda kao na generatore električne energije čiji su nusproizvod izotopi, oni će sve više raditi kao *proizvođači atoma, proizvođači struju kao nusproizvod*. Fisijski reaktori imaju tu osebnost da proizvode, počevši s prvim teškim izotopom (U-235, Pu-239 ili Th-232) široki spektar različitih izotopa obuhvaćajući gotovo sve elemente periodičke tablice. Već je danas moguće, „ugađanjem“ spektra neutrona i sastavom goriva u reaktoru utjecati u velikoj mjeri na raspodjelu proizvoda fisije.

## Nuklearni otpad kao vrijedna „rudača“ u vađenju plemenitih metala

Već danas pored velikih količina korisnih radioizotopa i fisijskih goriva koji se daju reciklirati, reaktori nuklearne fisije proizveli su velike količine industrijski važnih plemenitih metala, kao paladij, rodij, rutenij. Vađenje tih metala iz takozvanog „nuklearnog“ otpada u gospodarske svrhe kao katalizatora, posebnih legura i materijala otpornih na koroziju, već se dokazalo izvedivim. Količine tih metala, koje se umjetno tvori svake godine kao reaktorske proizvode nuklearki sada u funkciji u čitavom svijetu, kad bi ih se vadilo iz potrošenog goriva tijekom ponovne prerade, već bi doseglo

znatan postotak ukupne godišnje količine izvađene iz Zemlje u rudarstvu. Primjećujući da je relativna koncentracija mnogih rijetkih metala sadržanih u potrošenom gorivu nuklearnih oplodnih reaktora nekoliko desetaka tisuća pa i milijun puta viša od njihovog prosječnog udjela u Zemljinoj kori, japanski znanstveni istraživači su nedavno izjavili da će takvo potrošeno gorivo biti jedna od najvažnijih „ruda“ znanih danas.

**Potpuna ponovna prerada** Potpuno iskorištenje fisijskog potencijala kao proizvođača atoma prvo će početi „zatvaranjem“ ciklusa nuklearnog goriva, uz potpunu ponovnu kemijsku obradu potrošenog goriva, odjeljivanje korisnih izotopa, recikliranje fisijskih materijala i transmutaciju neželjenih vrsta bombardiranjem neutronima iz ubrzivača ili u posebno izgrađenim reaktorima „sagorijevanja nuklearnog otpada“. Sve je to razrađeno do u pojedinosti u nuklearnim laboratorijima oko svijeta, i bitna tehnička osnovica već postoji.

## Transmutacija velikih razmjera u ubrzivačima čestica

Tehnologija ubrzivača čestica visokih struja napredovala je sve do razine gdje je transmutacija makroskopskih količina izotopa već tehnički moguća pomoću zračenja neutronima iz neutronske izvora u ubrzivaču. Brojni laboratoriji širom svijeta sad rade na konstrukciji Transmutacijskih sustava pomoću ubrzivača (ADS)<sup>†</sup> kao sredstva za uklanjanje problema radioaktivnih izotopa dugog vremena života iz „nuklearnog otpada“. Jedan ADS sustav sa snagom snopa od 20 MW mogao bi transmutirati izotope s dugim vremenom života od 10 standardnih nuklearki u stabilne izotope i izotope krakog vremena života, proizvođači istovremeno 800 MW toplinske snage. Slična tehnologija mogla bi se koristiti u drugim primjenama transmutacije, te kao pogon „subkritičnih“ nuklearnih reaktora raznih vrsta.

<sup>†</sup> Accelerator Driven Transmutation System, ADS



*International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) sad se gradi u Cardache-u u Francuskoj. To će biti sljedeći korak prema prototipu nuklearke koja proizvodi 500 MW fuzijske energije.*

**Dolazak nuklearne fuzije** Sljedeći korak prema potpunoj Izotopskoj ekonomiji bit će spajanje potencijala fuzije—koja je u mnogim pogledima dopuna fisiji—s fizijskim procesima i transmutacijom u ubrzivačima, dok istovremeno „uvodeći u etapama“ nove metode kontrolirane transmutacije, sad u pokusnom razvoju (vidi niže). U zadnjih deset godina tehnologija nuklearne fuzije je stalno napredovala na više strana. 1997. pokusni fuzijski reaktor JET<sup>‡</sup> (Udruženi europski prsten) proizveo je 16 MW energije fuzijskom reakcijom koja se održala nekoliko sekundi na temperaturi od 100 milijuna stupnjeva. Međunarodni pokusni prstenasti reaktor (ITER)<sup>◊</sup>, sad u izgradnji u Cadarache-u u Francuskoj proizvest će 400 MW fuzijske energije u pulsevima od preko 6 minuta, a sljedeći će korak biti prototipska nuklearka. Usporedo sa standardnom Tokamak konstrukcijom postoji značajni napredak u mnogim pokusima s fuzijom obuhvaćajući 'fast liner'<sup>†</sup>, plazma fokus<sup>‡</sup>, uređaji s „inercijalnim ograničenjem“ plazme s laserima, ionski snopovi i drugo.

<sup>‡</sup> Joint European Torus

<sup>◊</sup> International Torus Experimental Reactor

<sup>†</sup> 'Fast liner' pokus koncepcija je fuzije gdje se pripravljena plazma adijabatski komprimira do termonuklearnih temperatura i gustoća putem nagle implozije krutih metalnih košuljica ('liner'-a).

<sup>‡</sup> Stroj, koji elektromagnetskim ubrzanjem i kompresijom kratkotrajno proizvede plazmu koja dosegne visoke temperature i gustoće te postaje obilni više-radijacijski izvor.

## **Pristup fuziji „na silu“, nije najbolji no bliži se uspjehu**

Suprotno često ponavljanim mitovima mogućnost proizvodnje velikih količina energije fuzijskim reakcijama bila je odavno dokazana—i to eksplozijom prve hidrogenske bombe pred više od pola stoljeća. No hidrogenska bomba zahtijeva manji detonator koji koristi fisijsku lančanu reakciju (drugim riječima, malu atomsku bombu) da bi doveo

mješavinu vodikovih izotopa do nužnih visokih gustoća i temperatura potrebnih da se velike količine fuzijskih reakcija dogode. Bitna poteškoća kako iskoristiti fuziju kao izvor energije za civilne potrebe leži u izazovu proizvođenja velikih količina fuzijskih reakcija na učinkovit, kontrolirani način bez uporabe atomske bombe kao odponca. U zadnjih 30 godina napredak u kontroliranoj nuklearnoj fuziji bio je teško usporen nedostatkom političke volje, usmjerenjem tek na inženjerski dio posla ili „primjenjenu znanost“ radije nego usmjerenjem na temeljno znanstveno istraživanje, te pogotovo zagušljivom atmosferom birokratskog vođenja „Velike znanosti“, itd. Unatoč tome nagomilano znanje teške fizike primjenom „grube sile“ i inženjerskog rada donijele su prvu generaciju reaktora fuzijske energije na dohvat tehnike. Trenutno počinje rad na konstrukciji divovskog fuzijskog pokusnog reaktora, „International Fusion Reactor (ITER)“ u Cadacheu u Francuskoj. Jezgra ITER reaktora je prstenasta (toroidna) komora ispunjena u početku krajnje rijetkim plinom kojeg električno pražnjenje, pobuđeno ogromnim transformatorskim zavojnicama koje okružuju komoru, pretvara u početnu plazmu. Plazma se nakon toga zagrijava mikrovalovima i snopovima neutralnih čestica do temperatura od 100 milijuna stupnjeva C, i ubrizgavanjem dodatnog goriva, mješavine deuterija i tricija. Reaktor koristi kombinaciju struja proizvedenih unutar plazme i magnetskog polja nametnutog izvana, tvoreći vrstu „magnetske boce“ koja drži plazmu u lebdećem stanju u sredini komore i drži je



izoliranom od zidova komore visokim vakuumom. Pretpostavlja se da će taj generator u funkciji biti u stanju proizvesti brutto snagu od 500 milijuna vata (MW) iz fuzijskih reakcija između jezgara vodikovih izotopa deuterija i tricija na temperaturi iznad 100 milijuna stupnjeva C za vrijeme u rasponima od po šest i pol minuta. (Uređaj će moći proizvesti impuls svakih 30 minuta). Zbog impulsnog načina operacije i velike potrošnje energije njegovog magnetskog sustava i sustava zagrijavanja plazme, ITER se ne može smatrati punim prototipom buduće fuzijske nuklearke, no ipak za očekivati je da će doći do praktičke izvedivosti takve nuklearke, dok će istovremeno dovesti veliki broj novih tehnologija potrebnih budućim reaktorima energije do većeg stupnja savršenstva.

**Fuzijsko fizijski hibrid** Raspodjela vrsta atoma koji se nalaze u Sunčevom sustavu danas pruža jake dokaze pokazujući da su izotopi, koje nalazimo oko sebe, nastali kombinacijom procesa fisije i fuzije. Stoga buduća Izotopska ekonomija zasnovat će se na sinergiji tih dopunjujućih nuklearnih procesa. Prva ostvarenja tog načela u skoroj budućnosti poznata su kao „fuzijsko hibridni“ ili „fuzijsko fizijski hibridni“ reaktori.

Tehnologija hibrida koristi činjenicu da su „fizijske reakcije siromašne neutronima a bogate energijom, dok su fuzijske reakcije bogate neutronima no energetske siromašne“. Iako svaka fizijska reakcija uranija oslobađa u prosjeku oko tri neutrona u fizijskim reaktorima gomila tih neutrona utroši se odmah, djelomično u održavanju procesa fizijske lančane reakcije a djelomično apsorpcijom složenije mješavine izotopa prisutnih u jezgri fizijskog reaktora, plus kao gubici u okolišu. Iz tog razloga reaktori nuklearne fisije rade s relativno strogom ravnotežom neutrona. Međutim u fuzijskom reaktoru neutroni koji nastaju fuzijom deuterija i tricija nisu nužni za održavanje procesa, a ni fuzijska plazma ne sadrži velike količine materije koja apsorbira neutrone, pa otuda su ti neutroni raspoloživi za koristan rad drugdje. U drugu ruku D-T fuzija oslobađa 10 puta manje energije po reakciji od fisije U-235 jezgre.

Sukladno tome, princip je „hibrida“ *koristiti fuzijske reakcije da bi se dobili neutroni a fizijske reakcije da bi se dobila energija.*

Ta sinergija radi na sljedeći način: koristili smo strujanje neutrona proizvedenih u fuzijskoj plazmi: (1) da bi se oplodilo nuklearno gorivo za fizijske reaktore iz U238 ili torija; (2) da bi se izvršila transmutacija radioaktivnih proizvoda fizijskih reaktora ili (3) da bi se „stavio u pogon“ fizijski reaktor koji radi na subkritičnoj razini. Te primjene ne zahtjevaju da sam fuzijski reaktor proizvede višak energije. Cjelokupna korist od dobivene energije dolazi, tako reći, od fizijske strane jednadžbe, to jest od „izgaranja“ fizijskog goriva, kojeg „hibrid“ proizvede u odijeljenim fizijskim reaktorima, u fizijskim reakcijama koje nastaju u dodanoj „subkritičnoj“ napravi za otklon snopa čestica ['blanker'], ili u slučaju transmutacije otpada od oslobođanja energije pohranjene u radioaktivnim fizijskim proizvodima. Odbacivši potrebu razina „energetskog praga rentabilnosti“ uvelike smanjuje zahtjeve na fuzijski reaktor stavljajući ga unutar dometa vrste konstrukcije i parametara koji su već pokazani u europskom JET reaktoru u Culhamu, a bit će i jako poboljšani kod ITER reaktora pod konstrukcijom sad u Francuskoj. Ti reaktori, iako još uvijek rade daleko ispod razina „praga rentabilnosti“ u proizvodnji energije već su postigli parametre dovoljne, u načelu, za konstrukciju „hibridnih“ sustava (1) za proizvodnju (oplodnju) goriva nuklearne fisije, (2) za transmutaciju velikih količina nuklearnog otpada te (3) za proizvodnju energije koristeći neutrone nastale u fuzijskoj reakciji da bi pokrenuli „subkritični“ nuklearni fizijski reaktor.

**Fuzijska baklja i odjeljivanje plazma mase** Razina tehnološke vještine u radu s plazmom velike energetske gustoće, postignuta do sad tijekom razvoja fuzijskog reaktora omogućuje također, u načelu, ostvarenje „prve aproksimacije“ koncepcije takozvane *fuzijske baklje (ili visokotemperaturne fuzijske baklje)* koju je izumio Eastlund, američki znanstvenik na polju fuzije. Koristeći fuzijske baklje plazmi s magnetskim ograničenjem, ili same ili u kombinaciji s takozvanom plazma centrifugom moći ćemo u krajnjem slučaju preraditi i odijeliti svaku tvar—siromašne rudače, otpad, morsku vodu ili sve drugo—u njene atomske sastojke i time postići čiste izotope iz raznih sirovina. U graničnom slučaju ova će tehnologija dopustiti



*Spremište nuklearnog "otpada" u Yucca planini u Nevadi. Iako predmet izvanredne histerije, proizvodi nastali nuklearnom fisijom sadrže velike količine plemenitih metala. Japanski istraživači smatraju da će ovakvo potrošeno gorivo biti među najvrijednijim "rudačama" koje znamo danas. Tehnologija fuzijske baklje omogućit će otklanjanje štetnosti takvih radioaktivnih materijala.*

gotovo 100% učinkovito recikliranje tvari i proširiti iskoristivi opseg prirodnih sirovina za nekoliko redova veličine.

Zahvaljujući činjenici da plazme mogu imati praktički neograničene gustoće energije i istovremeno se njima može upravljati primjenom električne struje, magnetskih polja i mikrovalova, one su postale sve važniji radna 'sirovina' u preradi materijala. Danas industrijska primjena obuhvaća proizvodnju čelika plazmom, plazma kemiju, obradu površina plazmom, taloženje iona i mnoge druge. No u budućnosti najvažnija uporaba plazme velikih gustoća energije u velikim razmjerima, osim proizvodnje fuzijske energije pomoću plazme, sasvim će sigurno biti takozvana „fuzijska baklja“

Izvorni izumitelji, Eastlund i Gough raspoznali su da fuziona plazma svojim visokim temperaturama i gustoćama energije, predstavlja vrstu „univerzalnog rastvarača“. Svaka znana tvar ubrizgana u takvu plazmu trenutno se razdvaja u elektrone i ione atoma od kojih se sastoji. Kad jednom dođe do razdvajanja, različite sastavne vrste iona, koji tad tvore nastalu mješavinu plazme mogu se odijeliti na razne načine, ili u početnom području ili nakon što se plazmu odvede u posebne komore za odvajanje. Najpoznatija metoda je centrifugalnim djelovanjem kao na primjer klasičnom plinskom centrifugom

koja se danas koristi u obogaćivanju izotopa uranija na osnovi neznatno različitih masa. U načelu plazma može podržavati brzine rotacije više redova veličine od mehaničkih uređaja. Eksperimentalne centrifuge plazme za odvajanje izotopa već su sada u funkciji. U praksi budući plazma uređaji za odjeljivanje mase mogli bi koristiti kombinacije električnih, magnetskih i elektromagnetskih polja kao i inducirane valove i rotacije visokih brzina u samoj plazmi da bi se postigli željeni rezultati. Također, mnoštvo raznih naprava moglo bi kaskadno raditi što se već sada koristi. Najvjerojatnije, u praksi razdvajanja i odvajanja elemenata i izotopa velikih razmjera ne će se vršiti izravno u plazmi fuzijskog reaktora nego ili u plazmi koju će se skrenuti iz fuzijskog reaktora u pomoćnu komoru, ili u novo stvorenoj plazmi koju vanjski generator napaja energijom.

Prve primjene načela „fuzijske baklje“ se trenutno proučavaju u SADu kao moguće metode obrade golemih nakupina radioaktivnih materijala preostalih od preko 50 godina proizvodnje nuklearnog naoružanja u Hartfordu i drugim mjestima. Prve baklje plazme napajat će se izvana.

**Nuklearna transmutacija pomoću kontrole laserima.** Prodori zadnjih pet godina u konstrukciji snažnih lasera ultrakratkih impulsa (femtosekundni laseri) i lasera koji rade unutar područja röntgenskih zraka, omogućuju sada aktiviranje procesa nuklearne transmutacije izravno preko lasera. Takozvani „stolni femtolaseri“, kompaktni uređaji sad već komercijalno dostupni, postaju standardna oprema glavnih odjela za fiziku i odgovarajućih laboratorija, koriste nove metode „impulsne kompresije“ i pojačanja u proizvodnji iznimno kratkih impulsa svijetla—red veličine od  $10^{-13}$  do  $10^{-15}$  sec dužine. Neki od tih lasera mogu sada doseći gustoće energije od  $10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>, dovoljnu da rutinski aktiviraju nuklearne reakcije putem djelovanja gama zraka proizvedenih u materijalu zračenom laserom. Također, elektromagnetska polja koje ti laseri proizvedu mogu se koristiti za ubrzanje nabijenih čestica do energija dovoljnih za aktiviranje nuklearnih reakcija. Stoga mali laboratoriji mogu danas vršiti pokusne radove koji su u

prošlosti zahtijevali divovske ciklotrone i druga postrojenja ubrzanja čestica.

„Stolni laseri“ dupliciraju na mnogo jednostavniji način rezultate postignute ranije s divovskim laserima kao što je laser VULCAN u Rutherford Appleton Laboratory-u u Engleskoj i laser Petawat u Lawrence Livermore Laboratory-u u Kaliforniji. Na primjer, 1999. Livermore je laserskim impulsima izazvao fisiju jezgre U-238. Odmah nakon toga Friedrich Schiller sveučilište u Jeni napravilo je to isto stolnim laserom. Drugi pokusi na VULCANu pokazali su uporabu laserskih impulsa u transmutaciji radioaktivnih izotopa dugog vremena života, kao što je jodin-129 (poluvijek od 15 milijuna godina) u izotope kratkog vremena života (u ovom slučaju I-128 s poluvijekom od samo 25 min). Takve metode, jednom usavršene, mogle bi pružiti učinkovit način „deaktivacije“ radioaktivnog otpada u fisijskim nuklearkama, pretvarajući ga u stabilne, neradioaktivne elemente.

Laboratoriji diljem svijeta ulažu danas napore i razvijaju laserske izvore sve kraćih valnih dužina, primičući se sve bliže u smjeru „tvrđih“ röntgenskih zraka. Svako sniženje valne dužine širi domet i učinkovitost nuklearnih procesa koje se može proizvesti izravno (fotonuklearne reakcije). Proizvođenje lasera koji koriste gama zrake, ne još u neposrednom doseg, revolucioniziralo bi eksperimentalne metode nuklearne fizike.

**Mijenjanje „konstanti“ radioaktivnosti.** Obuku i praksu nuklearne fizike još i dalje ometaju predrasude i pogrešne koncepcije uvedene veoma rano u to polje rada. Gotovo najviše ju je osakatila unaprijed stvorena zamisao, da procesi „unutar“ atomske jezgre tvore kategorički odijeljen svijet, kojim upravljaju tajanstvene pojave zvane „jake sile“, te da one u osnovi ne djeluju međusobno sa svojom okolinom osim preko žestokih „visokoenergetskih“ slučajeva, koje se smatra statističkim po njihovim odlikama. Izraz „razbijač atoma“ koji se obično koristi u označavanju visokoenergetskih ubrzivača čestica u ranim danima, odraz je pojednostavljene, Rambovske odlike zamisli koja odolijeva vremenu unatoč masivnih dokaza probrano „finog“ ugađanja nuklearnih procesa. Predrasuda ostaje čak i među najvišim stručnjacima

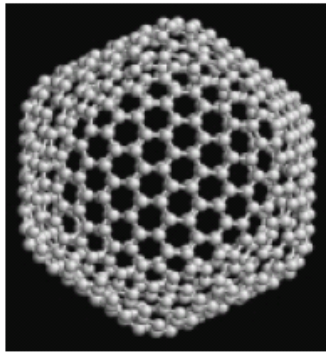
danas, da su takvi procesi kao radioaktivno raspadanje atomskih jezgri praktički van ljudske kontrole osim kad se jezgre podvrgne strahovito velikim silama bombardirajući ih česticama iz visokoenergetskih ubrzivača ili nuklearnih reaktora. Stopa radioaktivnog raspada jezgre pogrešno se smatra nekom vrstom prirodne konstante radije nego funkcijom fizičke geometrije u kojoj se ona nalazi.

Taj dogmatski stav kod stručnjaka doveo je do glupe krive koncepcije, usvojene kao „činjenice“ javnih političkih mjera kroz desetke godina, da se s izotopima s dugačkim vremenom života sadržanim u „nuklearnom otpadu“ može postupati samo pohranjivanjem ispod zemlje kroz desetke ili stotine tisuća godina! Takvo gledanje se nastavlja i prevladava u javnim raspravama danas iako je svijet struke već odavno prihvatio mogućnost transmutacije velikih razmjera pomoću ubrzivača čestica ili fuzijskih uređaja, kao što smo već napomenuli. Te metode će uspješno raditi, ali one predstavljaju primitivnu metodu „na silu“, koju će se zamijeniti mnogo inteligentnijim postupcima čim postanu raspoloživi.

U međuvremenu nakupili su se neodoljivi eksperimentalni dokazi postojanja fino ugođenih, „niskoenergetskih“ nuklearnih procesa, veoma različitih od onih na kojima se zasnivala nuklearna tehnologija sve do danas, i buduće vještine u njenom savladavanju odredit će revolucionarni put razvoja Izotopske ekonomije.

Već sad je, na primjer, neosporivo utvrđeno da se stabilnost ili vijek života mnogih jezgri može mijenjati za više redova veličine ovisno o elektronskom okružju jezgre. Tako na primjer, izotop disprozij-163 je stabilan u normalnom atomskom obliku no kod ionizacije (kad mu se odstrane elektroni) Dy-163 jezgra postaje nestabilna. Izotop renija Re-187 ima poluvijek od preko 40 milijardi godina u atomskom obliku, no kad je ioniziran poluvijek mu se smanji preko milijardu puta na manje od 33 godine. Potpuna ionizacija slobodnih atoma je energetski veoma zahtjevan proces. Manja no još uvijek izmjeriva smanjenja radioaktivnog poluvijeka postigla su se mnogo „nježnijim“ načinom. Umotavanjem atoma berilija-7 u takozvane fullerenske („buckyloptice [buckyball]) komplekse atoma, pa opet nedavno umotavanjem natrija-22 u

metal paladij, zatim hlađenjem do temperatura od  $12^{\circ}\text{K}$ . Učinci tih pokusa bili su samo reda veličine 1% no (1) oni opovrgavaju dogmu da su nuklearni procesi „nesvjesni“ svog okruženja osim pod „visokoenergetskim“ uvjetima, (2) oni se u širem smislu slažu s rezultatima mnogih pokusa „hladne fuzije“, koje je teško obrazložiti, no koji pokazuju mnoštvo učinaka transmutacije—kojiput vrlo spektakularnih—koji dokažljivo ne dolaze od običnih „visokoenergetskih“ vrsta nuklearnih reakcija.



*Stabilnost se mnogih jezgri može mijenjati ovisno o elektronskom okolišu jezgre. Smanjenje radioaktivnog poluvijeka postignuta su umatanjem atoma berilija-7 u „buckyloptice“ kompleksa atoma, prikazano ovdje.*

## Uloga izotopa u živućim procesima

Uistinu revolucionarni vid Izotopske ekonomije leži na područjima sjecišta triju velikih eksperimentalnih domena u našem svemiru: područje prividno neživih procesa, područje živućih procesa i područje procesa ovisnih o ljudskom stvaralačkom umu. Nesumnjivi dokazi apsolutne različitosti između zakonitosti koje upravljaju tim trima područjima pružio je Vladimir Vernadski za prvo i drugo područje i Lyndon LaRouche za drugo i treće. Sva tri područja imaju protuentropijsko svojstvo.

Najparadoksalnija i plodonosna odlika ove stroge podjele javlja se zbog okolnosti da se za zakonitosti na kojima počivaju ta tri navedena područja, utoliko ukoliko su univerzalne, *podrazumijeva da su uvijek prisutne* i protežu se u čitavom opsegu svemira kao cjeline! Drugim riječima nemamo tri odijeljena svemira već samo *jedan, višestruko spojen svemir* u kojem svaka postojeća stvar (osebnost ili singularitet) sudjeluje istovremeno ali na različite načine u svakoj od tri različite zakonitosti (ili sklopu zakonitosti) djelovanja. Značenje ovoga postaje jasno,

kad ispitujemo posebni slučaj izotopa i nuklearnih reakcija.



*Vladimir I. Vernadski, ukrajinsko-ruski biogeokemičar prepoznao je pred sto godina da će otkriće novih dinamičkih zakonitosti, koje prelaze granice kemije periodičkog sustava, usko povezanih s počecima našeg sunčevog sustava, razbukati revoluciju u svim vidovima čovjekovog odnosa s prirodom.*

Postojanje bliske sprege između nuklearnih reakcija, izotopa i živućih procesa duboko je ukorijenjeno u predpovijest našeg planeta. Prema našim najboljim saznanjima velika količina vrsta atoma, od kojih je izgrađeno tkivo živućih organizama ovog planeta proizvedena je tijekom ranijih faza evolucije našeg Sunčevog sustava, prije nastanka Zemlje, i oni u tom smislu čine „fosile“ tog ranijeg razvoja. Također, prema našim najboljim saznanjima—iako postoje donekle različita gledišta glede tog pitanja—Sunčev sustav imao je svoj početak u jednom, proto-zvezdanom tijelu, našem Suncu u ranijem stupnju svog razvoja.

### Početak Sunčevog sustava kao jedinke

Prije nego što se okrenemo prema živućim procesima kao takvim, pogledajmo na najsuvisliju od raspoloživih hipoteza kako je ranija evolucija Sunčevog sustava mogla izgledati.

U skladu s hipotezom „polarizirane fuzije“ koju je iznio LaRouche, niz vrsta atoma koje nalazimo u Sunčevom sustavu danas nastao je u biti *in situ*, kao dio istog jedinstvenog procesa koji je doveo do formacije sustava planeta: proto-Sunce bilo je predmet koji se vrtio velikom brzinom, odbacujući kao „nusprodukt vrtanje“ disk plazme kojeg je zatim „preradio“ kombinacijom veoma jakog zračenja i veoma snažnom magnetohidrodinamičkom indukcijom nastalom zbog velike rotacije i jakog magnetskog polja proto-Sunca. Ovo

djelovanje Sunca stvorilo je uvjete za nastanak „polarizirane fuzije“ u disku—proces fuzije u kojem su, pretpostavka je, krajnje jaka magnetska polarizacija jezgri te možda neki drugi „katalitički“ učinci elektromagnetske geometrije nastale u disku, prouzrokovali proces fuzije djelotvornije za više redova veličine od normalne „termalne“ fuzije.

Odatle, proto-Sunce je moglo proizvesti čitav raspon elemenata i izotopa koje nalazimo na Zemlji i drugdje u Sunčevom sustavu danas. (Obuhvaćalo bi to i vrste atoma teže od željeza u periodičkom sustavu, koje ne bi mogle nastati, u nađenim količinama, vrstama fuzijskih reakcija za koje se misli da su nastale u našem sadašnjem Suncu. Magnetohidrodinamički ustrojjen disk plazme, sa svojim novostvorenim asortimanom elemenata bi se naknadno razlučio u harmonički složen niz prstenova, u skladu s lokacijama planetarnih putanja koje nalazimo danas. Na koncu sami planeti su nastali kondenzacijom iz tih prstenova.

Nažalost većina astrofizičara danas odbacuje pojam početka Sunčevog sustava kao jedinke, njegove elemente i harmonički ustroj njegovih planeta. Umjesto toga vjeruju da su teški elementi koje danas nalazimo u Sunčevu sustavu nastali prije našeg sadašnjeg Sunca u nuklearnim reakcijama tijekom jedne ili više ogromnih eksplozija zvijezda—„supernova“. Koje su to bile zvijezde nitko ne može reći, jer nitko nije otkrio nikakve astronomske tragove takovih eksplozivnih procesa u blizini našeg Sunčevog sustava. No postoji druga mogućnost, naime da su eksplozije supernove koje astronomi zapaze s vremena na vrijeme u našem zvijezđu ustvari procesi vrste koju je LaRouche predložio, pa da je supernova koja proizvodi teške elemente prema pretpostavkama astrofizičara ustvari samo veoma bujna faza u ranom životu našeg vlastitog proto-Sunca!

Kakogod se ti problemi riješili u budućnosti, taj proces bi mogao podrazumijevati sljedeće:

*Prvo*, sa stajališta predpovijesti našeg Sunčevog sustava, postojanje života na našoj Zemlji nerazdvojivo je povezano s postojanjem nuklearnih reakcija koje su proizvele rodove atoma iz kojih se živo tkivo sastoji. U tom smislu, materijalni

preduvjeti naše biosfere i njene organske evolucije nastale su prethodnom fazom neorganske ali protuentropijske evolucije Sunčevog sustava—„nukleosfere“.

*Drugo*, život na Zemlji je proces koji neprekidno prima *nuklearnu energiju*. Naime naša čitava biosfera živi od Sunca, čija snaga zračenja dobiva svoju energiju fuzijskim reakcijama. No biosfera je u sprezi s našom zvijezdom ne samo glede bruto toka energije zračenja nego također finim magnetskim interakcijama, koje prouzrokuju, kako je to ruski znanstveni istraživač A.L. Čiževski nazvao, „biosferski odjek Sunčeve aktivnosti“, čiji se odraz vidi u ponašanju mikroorganizama i drugim živućim procesima, kao i u vremenu i klimi.

Uspostavivši tako, bez ikakve sumnje, *astrofizički* odnos između nuklearnih procesa i života na Zemlji, potražimo sad taj odnos na *makrofizičkoj* razini.

Nakon otkrića izotopa utrošilo se mnogo eksperimentalnog rada i truda u pronalaženju posebne uloge određenih izotopa u živućim procesima. Rani rad je pokazao da živući procesi obogaćuju izotope do stanovite mjere—to jest omjer koncentracije izotopa danog elementa u živom tkivu razlikuje se od onih u okružju oko njega na *svojstven način*. Iako je to danas veoma dobro poznata činjenica, koja se naširoko primjenjuje u istraživanjima u geologiji, geokemiji, ekologiji, botanici, paleontologiji i tako dalje, razlike u danim izotopima su gotovo uvijek na razini nekoliko djelova na tisuću. To je usporedivo po veličini s razlikama izotopa izazvanih neživim procesima, a nekoliko redova veličine manje od učinaka koncentracije samih kemijskih elemenata, kojima dugujemo sam biološki izvor mnogih koncentriranih mineralnih ležišta. Postoje i neki pokazatelji da bi mikroorganizmi bili u stanju proizvesti stanovite transmutacije, no dokazi ostaju dvojbeni i nema prijedloga dobrih hipoteza, koju bi temeljnu ulogu mogle takve transmutacije, do one mjere do koje se vide, igrati u ustroju živućih procesa.

Stavivši na stranu radioaktivne izotope, čiji su učinci, osebujni izotopima, na žive organizme izgleda potpuno objašnjivi na osnovu samog zračenja, živi organizmi čine se dosta neosjetljivim čak i na velike promjene u koncentraciji izotopa u okolišu i u tvari kojom se hrane. Doista, baš na

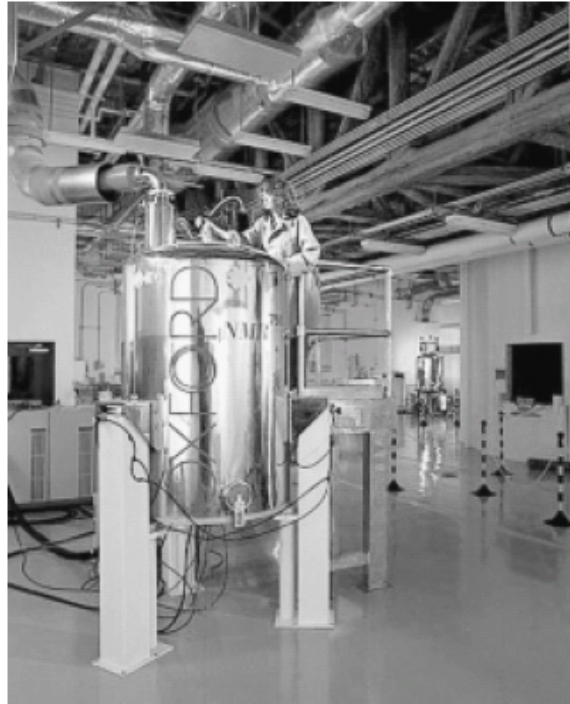


toj vidljivoj indiferentnosti zasniva se tehnika praćenja tragova izotopa u metaboličkim putevima i drugim medicinskim dijagnostičkim metodama. Jasno, no ne i iznenađujuća iznimka je deuterij, dvostruko teži od običnog vodika, čija normalna kemijska svojstva su već osjetljivo različita od vodikovih. Uzimanje teške vode ( $D_2O$ ) u velikim količinama vodi do smrtonosnog metaboličkog poremećaja kod životinja, no ipak bakterije se mogu uzgojiti na teškoj vodi do te mjere da gotovo sav vodik u sebi zamijene deuterijem naizgled bez ikakve štete.

### **Uloga nuklearnog magnetizma**

Znači li to da izotopi kao takovi nemaju izravnu ulogu u ustroju živućih procesa? Baš suprotno! No najbolji ključ kojeg do sad imamo dolazi iz veoma različitog pravca od pukog statističkog učinka koncentracija izotopa. Ključ leži u *magnetskim* svojstvima atomske jezgre, koja se drastično razlikuju kod raznih koncentracija izotopa jednog te istog elementa. Ta svojstva se rutinski iskorištavaju u osliku pomoću nuklearne magnetske rezonancije (NMR) koju koristi svaka moderna bolnica, i NMR spektroskopiji, no njihovo se puno značenje tek počinje shvaćati.

Na primjer, signali korišteni u NMRu emitiraju se interakcijom atomske jezgre s kombinacijom magnetskog polja koje proizvode zavojnice, koje okružuju pacijenta ili uzorke, i mikrovalnog impulsa korištenog u „uzbuđivanju“ nuklearnih oscilacija. Ovdje razlike između izotopa postaju odlučive. Kod jezgre izotopa, čiji su atomski broj i maseni broj oba parni, magnetski momenti koji određuju jačinu interakcije s magnetskim poljima nerazlučivi su od nule. Te jezgre ne pridonose nimalo signalu. Jezgre s neparnim atomskim brojem ili neparnim masenim brojem imaju zapažljive magnetske momente, čije vrijednosti na neki način ovise o nutarnjem uređenju jezgre. One daju izrazit signal koji dopušta NMR napravama „ugađanje“ na specifične izotope u živom tkivu. Ti signali izražavaju ne samo prisustvo odgovarajućih izotopa, nego i stanovitih svojstava fizičke geometrije oko njih, koja posreduje putem magnetske interakcije između raznih struktura kako jezgri tako i elektrona, unutar kojih su smješteni. Interakcija



*Magnetska svojstva atomskih jezgri igraju ključnu ulogu u živućim procesima. To se rutinski koristi u spektroskopiji - u nuklearnoj magnetskoj rezonanciji (NMR). Ovdje, spektrometar u William R. Wiley Environmental Sciences Laboratory u Washingtonu.*

između jezgri i okolne strukture elektrona—zvana „hiperfina interakcija“—također se odražava u krajnje sićušnim no vrlo preciznim pomacima u optičkom spektru atoma i molekula, i drugim vrstama spektra. Hiperfina struktura usko povezana s kvantnom fizičkom invarijantom (nepromijenjivom vrijednosti) zvanom „spin“, za koju se vjeruje da je osnovica magnetskih svojstava jezgri i drugih čestica, usko se sprepliće s takozvanom konstantom fine strukture i drugim osnovnim fizičkim konstantama. Nažalost od svog gradiva kvantne fizike, pojave „spina“ trpe relativno najveću količinu mistifikacije iz ruku Wolfganga Paulija i drugih.

Teško je, pak zamisliti da tako dobro ustrojen, fino ugođen proces ne bi imao *funkcionalnog* značenja u živućim procesima. Ustvari, izvanredna osjetljivost živih procesa na stalna i promjenljiva magnetska polja dobro je poznata i tvori čitavo polje istraživanja zvano „magnetobiologija“ ili „biomagnetizam“. Biosfera je stalno podvrgnuta magnetskom polju Zemlje, koje je sa svoje strane u sprezi sa Sunčevim i solarnim aktivnostima.

No unatoč mnogim pokušajima, temeljno biološko značenje ove osjetljivosti i prirode interakcija u sprezi s tim nisu pojašnjene. Djelomični razlog tome je naizgled „infinitezimalna“ veličina *nuklearne komponente* magnetskih polja u živim i neživim tvarima. Magnetske interakcije koje su bile podvrgnute intenzivnim proučavanjima za koje se zna da igraju odlučujuću ulogu u biogeokemiji i biofizici živućih procesa—osobito glede uloge takozvanih slobodnih radikala—proizlaze gotovo sasvim iz njihovih *elektronskih* struktura koje su—barem se tako pretpostavlja—relativno neovisne o nuklearnom magnetizmu povezanom s izotopima. Magnetski momenti jezgri su 1000 puta ili više slabiji od onih u sprezi s elektronima i njihovom orbitalnom konfiguracijom. Da bi se dobio dovoljan signal iz jezgri, NMR naprave upotrebljavaju magnetska polja koja su tipično 20-30,000 puta jača od prirodnog magnetskog polja Zemlje.

### **Jačina slabih efekata**

No kako je znanost stoljećima opetovano pokazala često najslabiji učinci, oni koje obično zanemarujemo, kontroliraju najveće od njih. Zadnjih godina zahvaljujući posebno radu fizičkih kemičara u Rusiji, odlučni dokaz iznijet je na svijetlo dana za ulogu „hiperfinskih“ interakcija specifičnih interakcijama u svim živućim procesima.

U toku 2005. skupina istraživača, koje je vodio slavni kemičar prof. Anatolij Bučačenko iz Semenovog instituta za kemijsku fiziku Ruske akademije znanosti, dokazao je „magnetske efekte izotopa“ u biološkoj sintezi ATPa, obično znanog kao ključa supstance „bogate energijom“ u „*praktički svim živim stanicama*“. Odlučni proces u sintezi ATPa znan kao fosforilacija, ovisi o djelovanju nekoliko enzima koji sadrže ione magnezija u specifičnim mjestima. Sad ispada da se stopa funkcioniranja tih enzima dramatički mijenja, kad se jedan izotop magnezija zamijeni drugim. U članku objavljenom u izdanju 2. kolovoza 2005. u američkom *Proceedings of the National Academy of Sciences* [*Popis radova Nacionalne akademije znanosti*], Bučačenko i drugi izvješćuju o rezultatima svojih istraživanja sljedećim riječima:

U jednom od svojih briljantnih članaka Weber i Senior ukazuju da unatoč velikog napretka u našim saznanjima o strukturi i

našem shvaćanju molekularne dinamike i funkcioniranja enzima koji sintetiziraju ATP, kemijski mehanizam fosforilacije ostaje zagonetan: „Naše shvaćanje ATP sinteze ostaje rudimentarno u molekularnom viđenju.“ ... Ključna reakcija u tvorbi energijom bogatog kemijskog spoja P-O-P ostaje mutnom. ... Unutar područja kemije enzimatskih reakcija sve ideje se svode na nagađanja ...

[Ali] uvid u kemijski mehanizam slijedi nedavno otkriven, izvanredan fenomen, a to je ovisnost fosforilacijskog djelovanja enzima na izotopiju Mg [magnezija]. Ovaj su neobični učinak pronašli kod kreatina kineze i ATP sintaze. Stopa proizvodnje ATPa kod enzima u kojima Mg<sup>2+</sup> ion ima magnetsku jezgru <sup>25</sup>Mg (nuklearni spin 5/2, magnetski moment, -0.855 Bohr magnetona) pokazala se *dva do tri puta većom* od proizvodnje inducirane istim enzimom koji nosi nemagnetske jezgre bez spina <sup>24</sup>Mg i <sup>26</sup>Mg. Otkriće ovog učinka koji svraća pozornost uvjerljivo dokazuje da je enzimatska fosforilacija 'izbirljiv' proces osjetljiv na ionske radikale i elektronski spin u kojem se Mg ion Mg<sup>2+</sup> očituje kao reagent.

Ovaj članak dalje izvješćuje usporediv učinak kod još jednog odsudnog enzima fosfoglicerata (PGK) koji sadrži magnezij i sudjeluje u fosforilaciji. Tu su stope fosforilacije 2,6 puta više s magnetskim izotopom Mg-25 nego s nemagnetskim izotopima. Daljnja analiza pokazuje također da to nije tek učinak kinetskog ubrzanja nego proces reakcije slijedi *različite puteve* sukladno prisutnosti određenog izotopa.

Tehničke pojedinosti nisu važne našoj sadašnjoj svrhi. Ono što treba ovdje istaknuti je da se otvorilo ogromno novo polje biologije i kemije u kojem *magnetska* svojstva specifičnih izotopa igraju odlučujuću ulogu. Iako nedavno predstavljanje osebnosti izotopa u sintezi ATPa, dobivenog u tvarima jedinstveno biološkog porijekla, sačinjava posebno upadljiv slučaj ti se rezultati slažu s istraživanjem u takozvanoj „*kemiji vezanoj uz spin*“<sup>†</sup>, u razvoju zadnjih dvadeset godina. Sljedeći citat daje stanoviti smisao tom pravcu, osvjetljujući također i mistifikaciju kvantne fizike, koju sam napomenuo ranije:

Kemija vezana uz spin kao novo polje kemijske znanosti zasniva se na temeljnom načelu: *kemijske reakcije su*

<sup>†</sup> 'spin-selective chemistry'

izbirljive na spin. One su dopuštene samo za takvo stanje spina proizvoda čiji je ukupni spin elektrona jednak onom reagenata a zabranjene ako zahtijevaju promjenu spina. Samo magnetske interakcije mogu promijeniti spin reaktivnih posrednika. ... Budući su izbirljive glede spina elektrona kemijske su interakcije između kemijskih vrsta koje sadrže spin (na primjer radikali) isto tako neizbježno izbirljive glede nuklearnog spina. Ako su podsustavi i elektronskog i nuklearnog spina u sprezi preko Fermijeve ili hiperfine magnetske interakcije (HFI) onda nuklearni podsustav može djelovati na ponašanje podsustava elektronskog spina preko HFI i, odatle modificirati kemijsku reaktivnost. Izbirljivost na nuklearni spin razlikuje stope reakcije za radikale (ili, općenito, za svaku drugu kemijsku vrstu koja pokazuje spin) s magnetskim ili nemagnetskim izotopima jezgri. Ta nova pojava je magnetsko djelovanje izotopa (MIE)<sup>†</sup> u oprečnosti s dobro poznatim klasičnim djelovanjem izotopa (CIE)<sup>‡</sup>, koji je posljedica izbirljivosti na nuklearnu masu kemijskih reakcija. Obadva djelovanja izotopa razvrstavaju jezgre izotopa među proizvodima reakcija: CIE odabire jezgre u skladu s njihovim masama, dok MIE odabire jezgre u skladu s njihovim spinom i magnetskim momentima. (A. Bučačenko, „Komparativna analiza magnetskog i klasičnog djelovanja izotopa“, *Kemijska revija* 1995, 95.)

Vrijednost magnetskih interakcija polja od 100.000 gausa s nuklearnim spinom je samo oko  $1 \times 10^{-5}$  kcal/mol ... ili manje [to jest, 500,000 puta slabija od intermolekularnog spoja i više od 30 milijuna puta slabija od običnog kovalentnog spoja—JT]. Unatoč sićušnoj vrijednosti tih magnetskih sila, pokazat ćemo da one kontroliraju reaktivnost parova radikala na spektakularan način, ako su supermolekularni uvjeti prikladni. (Nicolas Turro, *Chemical Communications*, 2002.)

Drugi, još spekulativniji pravac razmišljanja zaslužuje spomen:

Raspoloživost kemijskih elemenata na Zemlji razmnožila je gotovo neograničeno mnoštvo struktura i organizama variranjem kemijskog sastava. Čini se da pronalaskom neke biološke uloge za u biti sve kemijske elemente (uključujući „mikroelemente“), Priroda optimizira resurse kemijskih različitosti koji su joj na raspolaganju. Slična mogućnost može se

vjerojatno pojaviti kod različitosti izotopa elemenata. Čini se nevjerojatnim da bi Prirodi „izmaknula“ dodatna razina informacijske različitosti raspoložive putem izotopskog stupnja slobode. ... Sternberg, DeNiro, i Savage (1986) i Galimov (1982) predstavili su dosada uvelike zanemarene pronalasko o izotopskom sastavu biokemijskih i genetskih puteva. Na primjer, tijekom fotosinteze ugljik dobiven iz CO<sub>2</sub> sastoji se od <sup>12</sup>C i <sup>13</sup>C, no ovisno o vrsti biljke samo jedan od tih izotopa ima prednost kod frakcioniranja. Kod proizvodnje energije u obliku ATPa, izotopi ugljika su izbirljivo postavljeni tako da bi se prenosili diljem niza reakcija u toj istoj poziciji. Očuvanje izotopske strukture pokazuje ustrajnost unatoč činjenice da kataliza enzima mijenja skeletalnu strukturu ugljika u prijelaznim molekulama u procesu. ... Elementarna kombinatorička analiza dovodi do ogromno velikog broja mogućih izotopskih permutacija kemijski čvrstih struktura. Na primjer, dio DNK molekule s 1 milijunom atoma ugljika ima oko 10,000 nasumce raspoređenih <sup>13</sup>C atoma. Broj izotopski razlikujućih raspodjela (broj mogućih pozicija 10,000 atoma između 1,000,000 mjesta) je negdje oko 10<sup>24,000</sup> mnogo veći od broja atoma u svemiru. ...“ (J. Pui i Alexander Berezin, „Mind, Matter and Diversity of Stable isotopes, [Um, materija i različitost stabilnih izotopa], *Journal of Scientific Exploration*, Vol. 15, 2001.)

Pui i Berezin nastavljaju nagađati da bi permutacije izotopskih raspodjela u tkivu mozga mogle igrati bitnu ulogu u mentalnim procesima.

Trebao bih naglasiti da ovaj citirani rad o „magnetskom djelovanju izotopa“ predstavlja samo jedan, dosta obećavajući pravac istraživanja. U odnosu na pitanje koje smo postavili na početku ovog poglavlja, citirani rad još uvijek ima slabost, što baca težište samo na kemijsko-kombinatorijsku „mašineriju“ tih novih učinaka izotopa a ne na njihovu vezu sa zakonitosti živućih procesa samih po sebi.

Možemo, međutim, jasno vidjeti iz ovih proučavanja da baš osebujno *fizičko-geometrijsko* okruženje, nastalo u živom tkivu daje sklop unutar kojeg „beskonačno male“ izotopske promjene—koje bi u neživom području pod normalnim uvjetima imale samo marginalni, očito tek statistički učinak—mogu igrati odlučujuću ulogu u toku mikroskopskih zbivanja. Jedinstveno svojstvo živućih procesa bi tako imalo svoje mjesto, ne u nekom specifičnom

<sup>†</sup> magnetic isotope effect

<sup>‡</sup> classical isotope effect

mehanizmu ili strukturi, nego u *moći da tvori i održava ovakve više fizičke geometrije*, koje Vernadski naznačuje u svom radu, no koje LaRouche prikladnije obrađuje u svojoj razradi Riemann-Dirichletovog načela.

---

## **Višestruka spojenost Izotopske ekonomije s astrofizikom, kolonizacijom svemira i povijesti Sunčevog sustava**

---

Čovjekovo fizičko postojanje, koje ovisi o njegovom stalnom djelovanju na svemir, povlači za sobom drugi vid odnosa između neživih, živih i noosferskih područja, koji poprima novi oblik u Izotopskoj ekonomiji.

Sve do sad potrebe čovječanstva za sirovinama mogle su se zadovoljiti gotovo u cjelosti na osnovu vađenja tih tvari iz površinskih ili podpovršinskih ležišta minerala nastalih tijekom stotina milijuna ili čak milijardi godina geološke povijesti Zemlje. Postanak mnogih ako ne i većine tih ležišta u sprezi je s djelovanjem živih organizama (uglavnom mikroorganizama), koji su prikupili specifične kemijske elemente iz svog okruženja i položili ih u fosilskim naslagama, sedimentima ili biološki prerađenim stijevama.

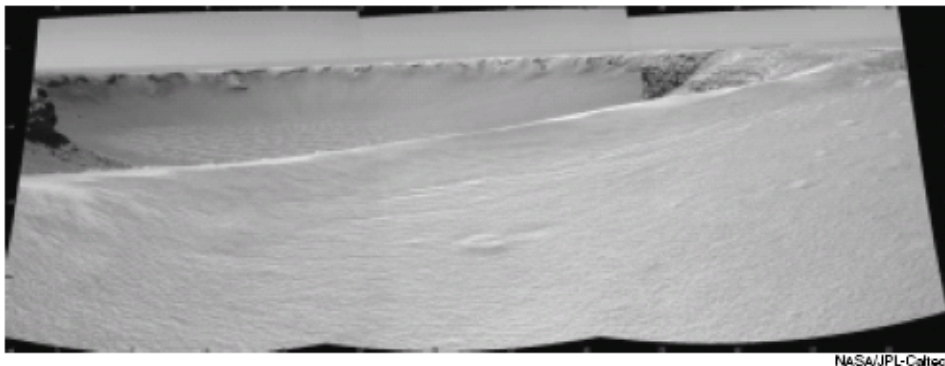
U gotovo svim slučajevima čovjekova sadašnja stopa vađenja sirovina u velikoj mjeri—kojiput milijarde puta—nadmašuje stopu kojom se mineralne naslage usporedivih odlika spontano nadomještaju ili nanovo stvaraju u prirodi.

Razvidno je, da se taj proces ne može nastaviti neograničeno. Istina, u absolutnom smislu čovjek je još uvijek veoma, veoma daleko od iscrpljenja zemljinih golemih zaliha mineralnih naslaga. No prešutne granice sadašnjeg, načina koji se oslanja na vađenje iz zemlje, odražavaju se danas u marginalno rastućim fizičkim troškovima u vađenju i preradi potrebnim da se dobije tražena kvaliteta materijala. Primorani smo stoga

ići u sve udaljenija područja zemljine površine, da bismo pokrili veće troškove prijevoza i druge infrastrukture, te moramo kopati i bušiti mnogo dublje u zemlju ili morsko dno, ili pribjeći nižoj kvaliteti nalazišta koja imaju veće troškove prerade, jer se nalazišta veće kvalitete sve više iscrpljuju, i tako dalje.

Te okolnosti zajedno s veoma neravnomjernom geografskom raspodjelom većine sirovina, već dovode do ozbiljnih čepova na regionalnoj osnovi te do rasta geopolitičkih napetosti manevriranjima država kao Kina da si osiguraju pristup zalihama sirovina, dok se istovremeno špekulantski financijski interesi pokreću da bi prigrabili kontrolu nad tim istim zalihama, uoči očekivane velike krize svjetskog financijskog sustava.

S obzirom na tu krizu Lyndon LaRouche je predložio „strategiju à la Vernadski“ u vremenskom razdoblju od 50 godina. Strategija à la Vernadski omogućava fizička ulaganja velikih razmjera i druge mjere koje osiguravaju dovoljne zalihe sirovina po stabilnim cijenama svim državama svijeta kao ključni sastojak cjelokupne politike reorganizacije svjetskog financijskog i gospodarskog sustava. LaRoucheeva strategija počinje razumijevanjem da se zadaća u osiguranju dugoročnih zaliha sirovina svjetskom gospodarstvu tijekom budućih 50 godina može riješiti jedino sa stajališta „noosfere“ Vernadskog, to jest čovjek mora sad napredovati, od faze jednostavnog vađenja minerala na više ili manje neorganiziran način, na svjesno upravljanje i razvoj cjelokupnog procesa tvorbe i uporabe tih sirovina na planetarnoj razini. To obuhvaća ne samo „prirodne“ procese obnavljanja sirovina unutar biosfere, nego također—sve više—namjerno „de novo“ stvaranje sirovina od samog čovjeka putem procesa kao transmutacija elemenata velikih razmjera. Istovremeno nužan nam je revolucionarni napredak tehnologije vađenja i prerade sirovina i recikliranja otpadnih materijala kao protuteža pojavi marginalnog rasta troškova sirovina, dok u isto vrijeme radikalno povećavajući raspon i kvalitetu konačnih proizvoda.



*Marsovski skitnica „Opportunity“ [Prilika] stiže do kratera Victoria 26. rujna 2006. Veoma mali broj zaključaka astrofizičara, piše Tennenbaum, „vrlo malo takvih zaključaka dokazano je s bilo kakvom sigurnošću, niti bi mogli biti, sve dok ljudsko djelovanje ostaje okovano na neposrednu blizinu Zemlje“.*

Sve do nastanka nuklearne energije čovjekovo postojanje se zasnivalo isključivo na zalihama od po prilici 83 kemijska elementa koji su od ranije postojali u biosferi, i čije postojanje ide unatrag do praktički postanka samog Sunčevog sustava (iznimka su stanovite količine elemenata stvorenih nakon formacije Zemlje radioaktivnim raspadom drugih elemenata).

U toku evolucije biosfere kruženje kemijskih elemenata na Zemlji—geokemijska migracija atoma, kako ju je Vernadski zvao—padalo je sve više i više pod utjecaj djelovanja živućih procesa. Na temelju njihove sposobnosti nakupljanja elemenata iz njihova okoliša, živi organizmi, među njima naročito mikroorganizmi, aktualno su stvorili mnoga mineralna ležišta koja čovjek danas iskapa u rudarstvu i koristi kao izvor sirovina. Uz to čak i „inorganski“ procesi stvaranja rudače i evolucije, koji *izravno* ne sadrže djelovanje živih organizama, *neizravno* su pod utjecajem *biogenskih migracija elemenata u biosferi*. Ta migracija elemenata nije nikako ograničena na neposrednu blizinu zemaljske površine. „Utjecajna sfera“ biosfere širi se stalnim okomitim kruženjem vode (i plinova i iona otopljenih u njoj) sve dole do gornjeg i donjeg plašta Zemlje.

Čovjekov razvoj rudarstva velikih razmjera, prijevoza i industrijskih djelatnosti temeljito su promijenili šablone „migracije“ mineralnih elemenata u biosferi što je konačno dovelo do crte gdje čovjek počinje stvarati nove resurse transmutacijom elemenata. Tu najzadnju fazu Vernadski povezuje s nastankom noosfere.

Sve dok mi tek koristimo elemente čovjek se nije izravno brinuo za povijesni proces njihovog nastanka kao elemenata—iako se geolog i tražilac ruda jako zanimaju za tu povijest i naknadnim migracijama elemenata na Zemlji. Sad dolazi do dramatične promjene.

### ***Ekonomija čovjeka postaje 'astrofizička'***

Prvput ljudska djelatnost prekoračuje granice puke preraspodjele i kombinacije elemenata da bi ušla u njihove procese stvaranja i primjenila ih. Doista pothvat sinteze starih i novih jezgri u velikim razmjerima, putem nuklearnih reakcija, što je svojstvo nastajuće Izotopske ekonomije, dovodi čovjekovu gospodarsku djelatnost u neposredan, bliski odnos s astrofizičkim područjem i procesima formacije zvijezda i planeta. Otkrivajući zakonitosti pozadi tih procesa i primjenjujući ih na zadaću daljnjeg razvoja biosfere i njenog širenja u sve veće krajeve Sunčevog sustava, samoodređuje čovjeka kao *univerzalno biće* a ne tek stanovnika planeta Zemlje, biće koje djeluje u skladu s višim usmjerenjem, bićem smještenom u cjelinu kozmosa.

Suprotno tome, stalna struja novih znanstvenih otkrića u subatomske fizici i srodnim područjima potrebnih ostvarenju i održanju Izotopske ekonomije na Zemlji, ne može se hraniti bez širenja na *ljudske djelatnosti velikih razmjera izvan orbitalne blizine Zemlje*, na Mars i konačno još dalje.

Postoje mnogi, uzajamno povezani znanstveni i fizičko-ekonomski razlozi za to. Kao što čak i pojam na primjer „neut-



ronske zvijezde" nagovješta, subatomske procesi su u suštini *astrofizički*. Sve veća vještina čovječanstva nad takvim procesima zahtijeva široka istraživanja i unakrsna provjeravanja raznih spektara<sup>†</sup> dalekih anormalnih predmeta u našem zvjezđu i drugim galaksijama, koje se ne može vršiti sa Zemlje ili čak sa sustava Zemlja-Mjesec, zbog nedovoljne paralakse, smetnji koje dolaze od Sunca i drugih uzroka. Moramo biti u mogućnosti raditi interferometriju i srodna mjerenja na mjerilima dužine usporedivim s putanjom Marsa —mjerenja koja će s vremenom obuhvaćati stotine laserski povezanih mjernih stanica „parkiranih“ u prikladnoj solarnoj putanji. Da bi se uspostavilo i održavalo te stanice i stalno ih se ažuriralo novim instrumentima držeći korak s napretkom u znanosti i tehnologiji, zahtijeva stalno ljudsko posredovanje i sukladno tome ogromnu logističku bazu podrške potrebnoj radnoj snazi i njenim djelatnostima u tim dalekim orbitalnim područjima.

Čak i neki profesionalci i stručnjaci mogu se ne slagati s našom tvrdnjom da napredak nuklearne fizike i astrofizike doista iziskuje takav—naizgled ekstravagantan—program kolonizacije svemira. „Autoritativni“ glas standardnih astronomske i astrofizičke teza i traktata glede ovih stvari kao rani svemir, struktura naše galaksije i mehanizmi stvaranja zvijezda, nuklearni procesi koji se odvijaju u Suncu, zvjezdama i tako dalje, često pružaju krivi dojam da su osnovne činjenice u tim poljima već dokazane i istraživanjima ostaju samo pojedinosti. No istina je da je vrlo malo takvih zaključaka dokazano s bilo kakvom sigurnošću. *Niti bi mogli biti*, sve dok ljudsko djelovanje ostaje okovano na neposrednu blizinu Zemlje.

To je slučaj i na razini takvih „elementarnih“ vrsta astronomskih podataka kao razdaljine i prava gibanja relativno „susjednih“ predmeta naše galaksije. Šokantni prikaz toga dogodio se krajem prošle godine, kad je međunarodni skup astronoma utvrdio izravnom triangulacijom da su prijašnje procjene razdaljine koja dijeli naš Sunčev sustav od najbližeg spiralnog kraka u galaksiji—Perzejev krak—pogrešne za 200%! To se dogodilo unatoč dojmu super-preciznosti modernih astronomskih mjerenja ostvarenih uz

pomoć usavršene instrumentacije na Zemlji i orbitalnim observatorijima.

Očito karte naše galaksije, koje se tiskaju kao „činjenično stanje“ u bezbrojnim traktatima i školskim udžbenicima, morat će se ponovno nacrtati. Možda znamo tako malo o stvarnom obliku, povijesti i unutarnjem funkcioniranju naše galaksije danas, kao što je Europa znala o kontinentu Amerike prije Kolumbovih putovanja! Istina je da je Eratosten, mnoga stoljeća ranije, bio u stanju odrediti promjer Zemlje do začuđujuće razine točnosti samo iz činjenica glede malog dijela njene površine, baš kao što je Johannes Kepler, stoljeće nakon Kolumba, bio u stanju otkriti osnovnu zakonitost planetarnih gibanja u našem Sunčevom sustavu bez da je napustio Zemlju. Važnost tih trijumfa ljudskog razuma, međutim, nije u tome da možemo naučiti sve o svemiru samo sjedeći u svojim foteljama na Zemlji, nego radije da smo zahvaljujući nakupljenim dostignućima ljudskog razuma naučili dosta, radeći sa Zemlje, pa bismo sad trebali krenuti *izvan* Zemlje. Sukladno tome, nakon Eratostenovog prodora odmah je uslijedio prvi zapisani pokušaj oplovljavanja Zemlje.

Naglasak je ovdje na tome da je naše sadašnje znanje nuklearne fizike, iako veoma manjkavo, ipak dovoljno za konstrukciju prve generacije nuklearnih svemirskih brodova na fisisko-fuzijski pogon i drugih tehnologija, i to će nam dopustiti da izvršimo vrste radova u Sunčevom sustavu, nužne za osiguranje struje novih prodora u nuklearnoj fizici.

Naravno, puko prostorno širenje ljudske djelatnosti čini samo *nužni* uvjet nastavljanja znanstvenih prodora. Da bismo postigli prodore potrebne su nam ne samo observacije nego usavršeni način *razmišljanja* o njima.

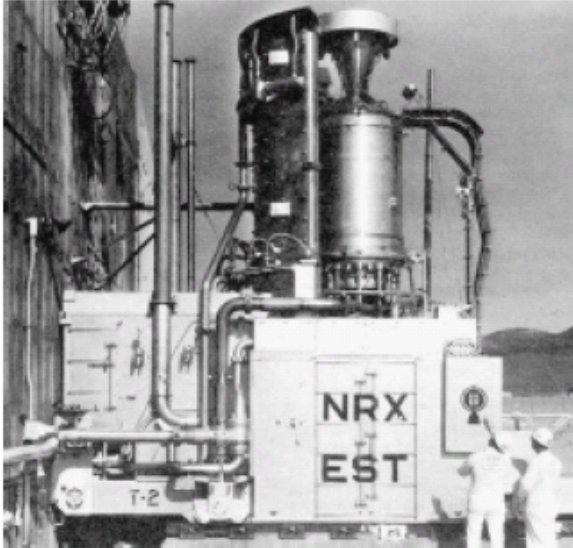
---

## Povratak dinamici: Preporod nuklearne fizike

---

U većini diskusija do sada ograničio sam se na razvoje koji se mogu projicirati u budućnost na osnovi sadašnjeg znanja i tehničkih mogućnosti. Ti razvoji sposobnosti dovoljni su „ubaciti“ svijet u „putanju“ Izotopske ekonomije, no ne mnogo više. Uskoro doći će do akutne potreba za već

<sup>†</sup> cross-spectral investigations



*Nuklearni raketni sustav spreman za test motora: reaktor i ispušna mlaznica vide se iznad slova NRX (NERVA Reactor Experiment). Američki nuklearni program poznat kao NERVA (Nuclear Engine for Rocket Vehicle Application [Nuklearni motor u primjeni za raketnu letilicu], razvijao se nakon 1961. kao bitni sastojak svemirskog programa, no nuklearnom programu je zadan smrtni udarac 1972., dio napada na znanost, naročito nuklearnu. NASA sad ponovno financira sustave nuklearnog pogona svojim projektom "Prometheus".*

davno zakašnjelom, sveobuhvatnom revizijom sadašnjih fizikalnih teorija.

Srednje- i dugoročni uspjeh Izotopske ekonomije ovisi o tome da se za nuklearnu fiziku i fizikalnu znanost uopće napravi isto što je Johannes Kepler učinio za astronomiju pred gotovo 500 godina.

Uistinu sadašnje stanje nuklearne fizike jezovito podsjeća na bosanski lonac konfliktnih modela i procedura izračunavanja, svojstvenih astronomiji Keplerovih dana, koje je pomeo svojim epohalnim djelom *Nova astronomija*. Kepler je bio vema svjestan činjenice da on ne ispravlja naprosto greške u teorijama nego da se bori protiv monstruozne prijevare, koja se vršila stoljećima prije Aristotela i Ptolomeja, čije je političko promicanje nametnulo „mračni vijek“ na europsku znanost, nakon smrti Arhimeda sve do Renesanse 15. stoljeća.

Nadamo se da će obuka koju daje razrada Keplerove metode otkrića dopustiti novom pokoljenju mladih fizičara postizanje jednake zadaće glede nuklearne fizike i astrofizike danas.

Zaključna dva poglavlja ovog članka namijenjena su kao uvod u stvari koje dolaze. Započet ću s veoma jednostavnim proturječjem, na koje se Werner Heisenberg, jedan od utemeljitelja nuklearne fizike, vratio pred kraj svog života.

Pitanje je jednostavno ovo: Gotovo svi od nas, odgojeni smo u empirijsko-redukcionističkoj doktrini, da je svaka suštinska stvar u svemiru izgrađena iz neke vrste jednostavnijih elemenata ili „kockica za slaganje“ koji su njihov dio. Tipičan primjer toga je pojam takozvanog Rutherfordovog atoma, pojam da su molekule sastavljene od atoma, atomi od elektrona i jezgre, jezgre od protona i neutrona, itd. No što zapravo mislimo kad kažemo da je neka tvar *dio* druge? Ili da je „sastavljena“ od takvih djelova?

Bez da ulazimo u bilo što napredno kao nuklearna fizika, možemo to proturječje prekrasno pokazati na slučaju *vode*. U višim razredima gimnazije naučili smo da se voda sastoji od tvari zvanih molekule vode a da su one svaka sastavljene od jednog atoma kisika i dva atoma vodika u skladu s formulom  $H_2O$ . No uopće nema jednostavne veze između *svojstava* kisika i vodika s jedne strane i svojstava „vode“, za koju se pretpostavlja da je sastavljena od njih! Ustvari, učeniku kemije u višim razredima, puštajući mješanje plinova kisika i vodika bit će veoma teško raspoznati *išta* što bi sličilo na svojstva tih dvaju plinova u kapima vode koje se stvaraju kao proizvod male eksplozije u njegovoj epruveti! Najviše što se može vidjeti je da *mase* reagirajućih djelova vodika i kisika, ili radije njihov *zbroj*, izgleda da je sačuvan kao masa nastale vode. No čak i ta (približna) invarijanta biva zapažljivo prekršena u svijetu nuklearnih reakcija. Tamo naime rezultat fuzije dviju jezgri može biti značajno *lakši* od zbroja njihovih masa.

Te anomalije jasno predočuju da se *izvor* svojstava vode (na primjer) ne može naći u kisiku ili vodik, niti odvojeno niti zajedno. Odakle onda dolaze ta svojstva? Ne bismo li radije pretpostavili da je „voda“ već bila *prisutna* kao potencijalno stanje ustroja, tražeći tek ta dva kao sredstvo svog *izražavanja*? Bit „vode“ leži u *promjeni* koja nastaje u toj reakciji.

Izvor poteškoće je sklonost, vraćajući se na Aristotela i obnavljanje njegovih teza od strane Galileia i Paola Sarpija i njihove kontrarevolucije protiv Keplerove platonske metode, da lažno gledamo na predmete zapažanja osjetilima kao na „stvarne“ a ideje kao „abstraktne“, dok je u stvarnosti obratno istina. Naime ideje su stvarne a ono što zovemo osjetilnim predmetima su puke posljedice koje iz njih proizlaze.

Elementarna pogreška, s jedne strane, leži u uzaludnim početnim pokušajima fizičara, koji još uvijek traju, da se izvedu svojstva atomskih jezgri iz pretpostavke, da su jezgre „sačinjene“ od čestica koje međusobno utječu jedne na druge u paru u skladu s ovom ili onom matematičkom formulom. Taj pokušaj oponašanja Isaaca Newtona, koji je pokazao potpuni neuspjeh u objašnjenjima najelementarnijih harmoničkih odlika Sunčevog sustava svojim zakonom sile, zaokupio je nuklearne fizičare već skoro jedno stoljeće. No nitko nije uspio izići s rješenjem, i uzaludna potraga za njim odvela je čitav teoretski razvoj nuklearne fizike u slijepu ulicu.

## Keplerova revolucionarna otkrića

Najviše je osakatila matematiku, ekonomiju i fizikalnu znanost danas, grješka histeričkog odbijanja priznati i prihvatiti rad Johannesa Keplera, Pierrea Fermata i Gottfrieda Leibniza—a ne Newtona!—u razvoju diferencijalnog računa. Ovaj video, dostupan i laiku, koristi grafičku animaciju u podučavanju Keplerovih zakonitosti planetarnih gibanja bez ikakvog pribjegavanja matematičkom formalizmu.



“The Science of Kepler and Fermat,”

1.5 hours, EIRVI-2001-12  
\$50 postpaid.

EIR News Service  
P.O. Box 17300  
Washington, D.C. 20041-0300  
To order, call...  
**1-888-EIR-3258** (toll-free)  
We accept Visa and MasterCard.

U prijašnjim vremenima mnogi su znanstvenici bili donekle svjesni prijevara redukcionizma. Negdje 1970.-1972., na primjer, u procesu koji je doveo do utemeljenja zaklade *Fusion Energy Foundation*, Lyndon LaRouche upoznao se s prof. Robertom Moonom, fizičarem i fizičkim kemičarem sa sveučilišta u Chicagu, veteranu ratnodopskog Manhattan projekta, koji je izradio plan konstrukcije prvog ciklotrona za Projekt Manhattan. Prema priči koju sam čuo, [nobelovac] Moon je tad izrekao svoje mišljenje da je „suvremena nuklearna fizika hrpa smeća“. Kao *primjer* toga, Moon je ustvrdio da se standardno objašnjenje slavnog pokusa „alfa raspršivanja“ iz kojih su Rutherford i kasniji fizičari izveli procjene veličine i drugih temeljnih svojstava atomske jezgre, zasnivalo na pogrešnim i proizvoljnim pretpostavkama glede prirode interakcija jezgri i alfa čestica kojima se jezgra bombardira.

Slično tome prema Moonu, čitavo istraživanje kontrolirane nuklearne fuzije otišlo je na krivi kolosjek zbog pogrešne pretpostavke da je nužno nadvladati takozvanu „Coulombovu silu“ između jezgri da bi došlo do fuzijske reakcije. Upravo ta pretpostavka isključuje mogućnost „polarizirane fuzije“, vrste koju LaRouche predlaže. U potrazi za načinom „nadvladavanja Coulombove prepreke“ fuzijski znanstvenici su smatrali obaveznim dodijeliti ogromne brzine jezgri, što je sa svoje strane značilo rad s temperaturama od milijun stupnjeva centigrada. A ipak, kao što mnogi pokusi pokazuju, može se postići da „prepreka“ nestane, ako se sustav stavi u prikladnu fizičku geometriju. (Ta je mogućnost već potvrđena i priznata u takozvanoj valnoj mehanici, ali na sofisticirani način kao „rezonantno tuneliranje“.)

No ako se stanja atomske jezgre ne određuju elementarnim silama, i ako uistinu ne postoji stvar kao „elementarna sila“, što onda određuje stanja atomske jezgre? Prvi korak bio bi priznati da su upravo *stanja samog ustroja, i namjernosti (nakane) iza njih, uzročno-posljednični djelotvorni posrednici (agenti) nuklearnih procesa*. Upravo s tom idejom na umu pokojni je dr. Moon, nadahnut diskusijama s LaRouchem 1985. predložio novi, geometrijski pristup nuklearnoj fizici, bez pretpostavki „elementarnih sila“. Predlažući sad već svoj poznati model jezgre u



Dr. Robert J. Moon

*Napola složeni magnet čikaškog ciklotrona. Ovaj drugi na svijetu ciklotron konstruirao je i izgradio dr. Robert Moon i skup studenata dr. Williama Harkinsa na Sveučilištu u Chicagu 1936. Umetak: dr. Moon 1986.*

obliku uklapajućih regularnih geometrijskih tijela, Moon je istaknuo, na primjer da je „proton osebnost, koja postoji unutar i ovisi o, geometriji čitavog prostora“. Tvrdio je da *čestice nastaju iz geometrija radije nego da geometrije nastaju od čestica koje se odlučie rasporediti na ovaj ili onaj način.*

No, kako bi, na primjer, geometrijska stvar—recimo regularno geometrijsko tijelo—moglo vršiti bilo kakvu vrstu djelotvornog čina u svemiru? Razmotrite sljedeća četiri odlomka, jedan iz Platonovog *Timeja*, dva iz posthumnih fragmenata Bernharda Riemanna (185x) i jedan iz zadnjeg objavljenog rada Wernera Heisenberga (1976.)

#### *Platon u Timeju:*

Ono što uvijek zapažamo što postaje različito u različito vrijeme, kao vatra, ne bismo smjeli zvati *ovo*, nego u svakom slučaju *stoga*, ne označavati vodu kao *ovo*, nego uvijek kao *stoga*. A za te stvari za koje pretpostavljamo da ih možemo (prstom) pokazati i za njih koristiti izraze 'ovaj' ili 'onaj', nikad ih ne bismo smjeli označavati kao da imaju neku stalnost, ... ne bismo smjeli koristiti te izraze, nego

bismo ih morali zvati „takvi kao“ („stoga“) ono što se u svakoj i svim stvarima stalno obnavlja kao slično, i stoga zvati „vatra“ ono na što je nalik tijekom svega, i tako dalje za sve što se podvrgava procesu nastajanja.

#### *Riemann:*

I. Ono što Posrednik nastoji ostvariti mora biti određeno koncepcijom posredstva: njeno djelovanje može ovisiti samo o njenoj vlastitoj prirodi.

II. Ovaj uvjet se ispunjava kad Posrednik nastoji održati ili uspostaviti sebe samog.

III. No takvo djelovanje je nezamislivo, ako je Posrednik stvar, nešto postojeće, nego je samo zamislivo kad je uvjet (stanje) ili odnos. Kad postoji nastojanje održati nešto ili stvoriti nešto, onda odstupanja od tog „nečeg“—ustvari, odstupanja u različitim stupnjevima—moraju biti moguća, a to „nešto“ će ustvari utoliko ukoliko se to nastojanje suprotstavlja drugim naklonostima, biti samo održavano ili stvoreno što bliže tom obliku što je moguće. No ne postoji razina postojanja, jer je različitost oblika različite razine samo zamisliva za razinu ili odnos. Stoga, kad Posrednik nastoji održati ili stvoriti samog sebe, taj Posrednik mora biti uvjet ili odnos.

#### *Drugi fragment:*

Svakim činom razmišljanja, nešto ustrajno i supstancijalno ulazi u našu dušu. Zovem to *Geistesmasse* [misaona masa]. Svako razmišljanje je prema tome stvaranje novih *Geistesmassen*. ... *Geistesmassen* su neuništive, vječne. Samo se relativna moć tih spona mijenja kroz uklapanje novih *Geistesmassen*. *Geistesmassen* ne trebaju matematički nosilac i ne vrše nikakav stalni učinak u svijetu pojava. Nemaju nikakvu vezu s bilo kojim dijelom materije pa stoga nisu smještene u prostoru. Ali svako *novo* stvaranje i svaka nova veza između *Geistesmassen* traži novu materijalnu podlogu. ... Svaka *Geistesmasse* teži stvaranju nove *Geistesmasse*. Prema tome, teži proizvesti istu formu gibanja materije, kroz koju je nastala.



*Konačno, Heisenberg:*

Vjerujem da su stanoviti pogrešni smjerovi razvoja u teoriji čestica—a bojim se da takav razvoj stvarno postoji—prouzrokovani krivim shvaćanjem da je moguće potpuno izbjeći filozofske argumente. Počevši s lošom filozofijom oni postavljaju kriva pitanja. ...

Prije ovog vremena [pokusa Andersena i Blacketta koji su pokazali takozvanu produkciju para elektrona i pozitrona putem kvanta svjetlosti—JT] pretpostavljalo se da postoje dvije temeljne vrste čestica, elektroni i protoni ... da im je broj utvrđen i nazivalo ih se „elementarnim“ česticama. Na materiju se gledalo kao na u konačnici izgrađenu od elektrona i protona. Eksperimenti Andersena i Blacketta pružili su definitivni dokaz da je ta hipoteza pogrešna. Elektrone se može stvoriti i uništiti, njihov broj nije konstantan, pa oni nisu „elementarni“ u izvornom značenju te riječi ...

Nema razlike između elementarnih čestica i složenih sustava [kao što su atomi i molekule—JT]. To je vjerojatno najvažniji eksperimentalni rezultat zadnjih 50 godina. Taj razvoj uvjerljivo nameće sljedeću analogiju: Usporedimo takozvane „elementarne“ čestice sa stacionarnim stanjem atoma ili molekule. Možemo misliti o njima kao različitim stanjima jedne te iste molekule ili kao mnogim različitim molekulama kemije. Netko bi onda mogao jednostavno govoriti o „spektru materije“. ...

Kriva pitanja i krive slike dopužu automatski u fiziku čestica i dovode do razvoja koji ne odgovaraju stvarnim okolnostima u prirodi. ... Morat ćemo prihvatiti činjenicu da eksperimentalni podaci u veoma velikim i veoma malim razmjerima nužno ne proizvode slike, i moramo se naučiti raditi bez njih. ... Filozofija Platona čini se najprikladnijom.

Spektar čestica može se shvatiti samo ako se poznaje dinamika materije na kojoj počivaju. Dinamika je središnji problem.

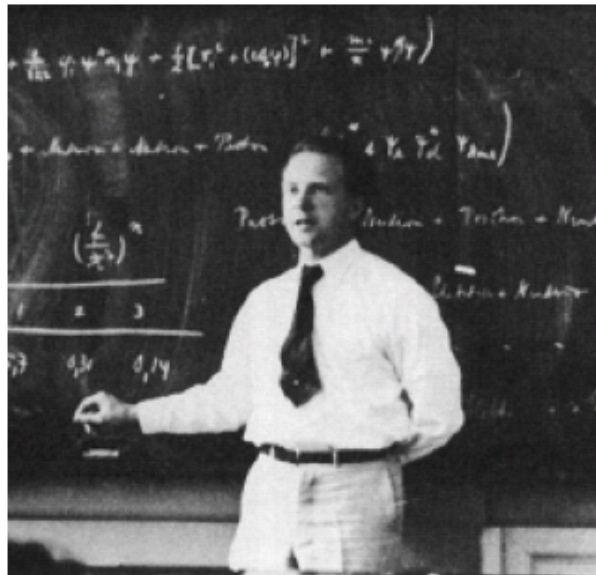
---

## Radioaktivnost, izotopi i ironije Periodičkog sustava

---

Držeći ta proturiječja na pameti sljedeći odlomci imaju namjeru dati čitatelju—pogotovo čitatelju nespecijalisti—kratku pozadinu o otkriću prirode izotopa i nekim zakonitostima nuklearne fizike u sprezi s njima, koliko se o tome danas zna.

Treba se uvijek podsjetiti da su se atomska i nuklearna fizika, u onoj mjeri u kojoj su pravaoaljane, razvile primjenom na područje *mikrofizike* u biti iste metode,



*Werner Heisenberg je napisao kad se postave kriva pitanja u fizici čestica, nastaju naravno krivi odgovori. "Spektar čestica može se shvatiti samo ako se poznaje dinamika materije na kojoj počivaju. Dinamika je središnji problem", pisao je preporučujući proučavanje filozofije Platona u rješavanju ovog problema.*

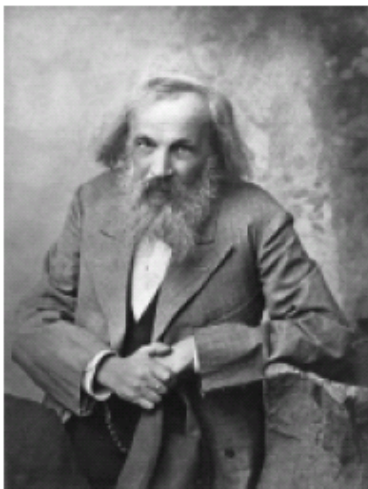
koju je rabio Kepler u svom izvornom otkriću zakonitosti gravitacije na *astrofizičkom* području. Taj odnos između astrofizike i mikrofizike je zakonit i nužan. Došao je na snagu još jednom na način na koji je nuklearna fizika razvila anomalije periodičkog sustava elemenata. Počet ću, dakle, s pričom od te točke.

U vrijeme kad je Dimitrij Mendeljejev počeo svoj znanstveni rad 1855., ključna aksiomska pretpostavka kemije bila je pojam kemijskog *elementa*. Taj pojam se povezivao s idejom da ne možemo tvar razlikovati ili dijeliti u nedogled, bez da nađemo na neku vrstu granice, međe ili, kako mi kažemo, singulariteta. U specifičnoj primjeni kemije sve do Mendeljejeva vremena istraživanje na tom području uzimalo je oblik uglavnom kako to zovemo kemijskih metoda odjeljivanja—destilacija, precipitiranje, elektroliza, centrifugiranje, i tako dalje. Općenito govoreći počinjemo s nekom vrstom tvari i pravimo s njom razne pokuse da bismo vidjeli možemo li je navesti na odjeljivanje ili razlučivanje originalne tvari na dvije ili više novih supstanci, svaka od njih s jasno različitim svojstvima.

Tako kod elektrolize iz vode proizvodimo vodik i kisik, na primjer. Zatim uzmemo te dvije nove tvari, koje smo proizveli odjeljivanjem prve i pokušamo napraviti



istu stvar sa svakom od njih. Nastavljamo tako raditi, da bismo dogurali proces do točke granice, singulariteta. Putem takve vrste istraživanja kemičari su ustvari došli do ograničenja, kao što je bilo za očekivati, u obliku koji su katkad zvali „jednostavna tijela“ ili elementi—tvari čije se naizgled razlučivanje više ne može prouzrokovati. Od davnine broj je takvih elemenata bio prepoznat: željezo, bakar, kositar, olovo, živa, zlato, srebro, sumpor, i ugljik. Po prilici pet novih elemenata se dodalo u Sednjem vijeku, pa zatim pod utjecajem rada Gottfrieda Leibniza u pokretanju industrijske revolucije, došlo je do, u vrijeme Leibniza oko 1740., do eksplozivnog razvoja fizičke kemije, tako da su, u vrijeme kad je Mendeljejev diplomirao na Glavnom pedagoškom institutu u Sv. Petrogradu, bila poznata oko 64 kemijska elementa.



*Dimitrij Mendeljejev: „Posljedice onog što je pokrenulo otkriće zračenja i izotopa, izraslih iz Mendeljejevog „keplerskog“ poimanja periodičkog sustava, idu čak i dalje, daleko iznad svega što je svijet dosad vidio.*

Postoje različite suprotne vrste hipoteza povezanih s izrazom „kemijski element“. Empirizam je uporno tvrdio, na navodno samoočitom aksiomu ili ideji koja se još uvijek nažalost ponavlja u većini našeg osnovnog školovanja, a to je da elementi predstavljaju nelomive, konačne „kocke za slaganje“ materije, čija je pretpostavljena stvarnost posuđena od bebinih najranijih igračaka. Veliki francuski kemičar Lavoisier je suprotno tome usvojio zrelije gledanje da su kemijski elementi *osebujnosti (singulariteti)*, da su momenti promjene u potrazi ne za konačnim kockicama za slaganje nego za što je on zvao „načelima“ materije, zakonitostima stvaranja materije.

1869. Mendeljejev je objavio svoju prvu verziju Periodičke tablice, ukazujući da

kemijski elementi sačinjavaju jedinstveni, skladno poredani organizam—u cjelosti kako je Kepler vidio sustav planetarnih putanja.

Mendeljejevo otkriće periodičkog sustava proizašlo je iz njegovog rada kao učitelja. U nastavi ga je smetala, i bila izazov, kaotična masa podataka o pojedinim elementima pa se počeo pitati: Da li je ovo što radimo ovdje uistinu znanost? Mogu li ja to predstaviti kao znanost? Mendeljejev je napisao sljedeće:

Puko prikupljanje činjenica, čak i iznimno opsežna zbirka ... ne sačinjava znanstvenu metodu. Ne pruža niti pravac daljnjim otkrićima niti ikad zaslužuje ime znanost u višem smislu te riječi. Katedrala znanosti zahtijeva ne samo građu, nego konstrukciju, sklad ... plan ... za skladnu kompoziciju dijelova i naznaku puta na kojem će se moći ostvariti najplodonosnija nova građa.

Mendeljejev je došao do svog otkrića nakon mnogih neuspjelih pokušaja drugih kemičara, svrstavši dvije izrazite vrste eksperimentalno određenog pravilnog poretka elemenata:

Prvo, prirodna podjela elemenata u *različite kemijske skupine*, svaka sastavljena od elemenata koji imaju slična ili ista svojstva članova-elemenata, relativno prema cjelokupnosti elemenata u obliku vrsta kemijskih spojeva i kristala koje tvore, i drugih fizičko-kemijskih svojstava.

Drugo, „svrstavanjem“ elemenata u *jedan niz* poredan po rastućoj vrijednosti njihove atomske težine, počevši od vodika i završivši s uranijem.

Mendeljejev odabir tog drugog principa poretka bio je odsudan. Ispravno je pretpostavio da „atomske težine“ među svim znanim fizičkim i kemijskim parametrima, odražavaju *invarijantu*, „nešto“ što se sačuva u svim kemijskim pretvorbama. U isto vrijeme Mendeljejev je uporno odbacivao sve pokušaje priprostih objašnjenja niza elemenata u obliku njihovog raspoređivanja na linearni način. Na primjer iz vodika kao glavne „kocke za slaganje“. Mendeljejev je inzistirao da svaki pojedini kemijski element predstavlja pravu „individuu“.

Uhvativši se u koštac s nejasnoćama i netočnostima tad postojećih empiričkih podataka, Mendeljejev je konačno dao

svijetu „prirodni sustav elemenata“, kako ga je on zvao, i temeljno otkriće da su kemijska svojstva nekog elementa u biti višestruko periodička funkcija *rednog broja* elementa u nizu rastuće atomske težine. Ta zakonitost ne samo da je dopustila zaokružiti gotovo cjelokupno dotad postojeće znanje kemijskih elemenata u dosljednu cjelinu, nego je vodila Mendeljejeva a kasnije i druge do uspješnog predviđanja postojanja i svojstava kemijskih individua „koji još nedostaju“.

### **Temeljni dinamički proces**

No sam Mendeljejev smatrao je svoje otkriće tek kao *prvi korak*. 1870. u svom članku „O prirodnom sustavu elemenata“ napisao je:

Kad uspijemo otkriti točne zakone periodičke ovisnosti svojstava elemenata o njihovoj atomskoj težini, pa međusobne atomske odnose elemenata onda ćemo se približiti razumijevanju prave prirode međusobnih razlika između elemenata. Tad će kemija moći ostaviti iza sebe hipotetsko područje statičkih koncepcija, koje prevladavaju sve do danas, te će se otvoriti mogućnost primjeniti na kemiju *dinamički pristup koji se tako plodonosno koristio u istraživanju većine fizičkih pojava* [naglašavanje dodano].

Prodori u pronalascima *dinamičkog* procesa na kojima se temelji periodički sustav dolazili su s triju eksperimentalnih pravaca. Prvo, proučavanjem anomalija sustava elemenata: njegovih još uvijek neispunjenih rupa. Zatim pitanje, zašto se niz elemenata naizgled prekida kod uranija. Konačno, nepravilna odlika samih atomskih težina, čiji su omjeri često blizu, no još uvijek izrazito različiti od jednostavnih omjera cijelih brojeva. Drugo, istraživanjem raznih oblika *zračenja (radijacije)* koju atomi emitiraju. Treće, slijedeći nepravilnosti geokemije, istraživanjem raspodjele elemenata u prirodi, na primjer u mineralima, gdje određene elemente nalazimo u uskoj sprezi jednog s drugim, „kao da“ imaju neku „nasljednu“ vezu jedan s drugim.



*Marie Curie je naslutila da je radioaktivnost u sprezi s procesom "atomske pretvorbe" na kojoj počiva bliska povezanost radija i polonija s uranijem i određenim drugim supstancama. Naknadno istraživanje potvrdilo je njenu slutnju: radij se polako pretvarao u olovo.*

Nakon Röntgenovog otkrića röntgenskih zraka, koje nastaju kad ubrzani elektroni udaraju površinu metala, Becquerel je pronašao da soli uranija *spontano* emitiraju slabu vrstu zračenja sposobnu zatamniti fotografske ploče ali očevidno bez potrebe bilo kakvog poticaja izvana. Marie Curie je kasnije skovala izraz „radioaktivnost“ nagovijestivši da izvor Becquerelovog zračenja leži u prirođenom, dinamičkom djelovanju samih atoma. Slijedeći te prilike novom metodom mjerenja Marie Curie je istraživala sve raspoložive minerale, pronašavši prisutnost Becquerelovog zračenja *isključivo* u mineralima koji sadrže uranij i torij—zadnji i predzadnji elementi u Mendeljejevom sustavu. Stanovite nepravilnosti navele su je na sumnju da glavni izvor zračenja nisu uranij i torij sami po sebi, nego tragovi nekog drugog elementa ili elemenata u sprezi s istim mineralima. Marie i njen muž Pierre uspjeli su poslije toga izdvojiti iz velike količine nusproizvoda uranijske rudače uranijev oksid, dva *nova* vrlo radioaktivna elementa: prvo polonij a zatim radij, ispunivši rupe rednih brojeva 84 i 88 u Mendeljejevoj tablici.

Bilo je to 1898. Sljedećih godina razvila se lavina novih eksperimentalnih otkrića. Ustanovilo se da radij uz emitiranje stalnog plavog sjaja isto tako proizvodi značajnu količinu topline, dostižući svake godine vrijednosti izgaranja oko 100 puta svoje težine u uglju.

No ipak činilo se da se zračenje topline i svjetlosti iz radija nastavlja iz godine u godinu bez osjetnog smanjenja. No Marie Curie je pretpostavila da je ta radioaktivnost u sprezi s procesom „atomske pretvorbe“ koja na neki način leži u temeljima bliske povezanosti radija i polonija s uranijem i stanovitim drugim supstancama, koje se uvijek nalaze zajedno u mineralima koji sadrže uranij te da se radij veoma polako pretvara u jedan ili drugi element.

Naknadno istraživanje potvrdilo je njenu slutnju: radij se veoma sporo pretvarao u ... olovo! Stopa pretvorbe bila je tako spora da bi se nakon po prilici *1600 godina* samo oko polovica početne količine radija pretvorila u olovo praćeno istovremeno s postepenim zračenjem plina helija. U tom procesu radij bi emitirao količinu topline jednaku gotovo *milijun puta* svoje težine u uglju. Odmah je postalo razvidno da bi otkriće ove nove „atomske“ energije dovelo do revolucije u ljudskim poslovima čim se pronađe način ubrzanja spontanog, očigledno vrlo sporog procesa atomske pretvorbe.

U međuvremenu cjelokupnija slika je postepeno dolazila u žarište o postojanju nekoliko izrazitih „radioaktivnih lanaca raspadanja“, počevši s uranijem i torijem, tijekom kojih se odvijaju mnoge naknadne atomske pretvorbe, istovremeno i s naširoko različitim omjerima u kojima stvaranje i raspadanje radija i polonija sačinjava međufaze na putu do „krajnje točke“. Jedan od njih je na primjer imao 15 pretvorbi, skačući naprijed i natrag, gore i dole po periodičkom sustavu prije nego što se konačno zaustavio na olovu. Neki koraci dogodili su se unutar sekundi, drugi nekoliko minuta ili dana, a drugima bi trebale godine, sve do *nekoliko milijardi godina* za prvi korak krećući od uranija.

Kao što je Mendeljejev predviđao veoma dinamična stvarnost počela je izlaziti na vidjelo ispod prividno mirne površine periodičkog sustava, sa naizgled utvrde-

nim odnosima, a to je bio svijet stvaranja, umiranja i metamorfoze elemenata u kojem su na djelu različite zakonitosti od onih izraženih periodičkom tablicom per se.

### **Transmutacija i otkriće izotopa**

Sve do sad radioaktivnost se odnosila samo na spontane, radioaktivne pretvorbe koje su se odvijale u malom rukohvatu elemenata. No negdje 1926. znanstvenici su naučili napraviti prvu „umjetnu transmutaciju“ drugih elemenata, pretvorivši atome dušika u atome kisika izloživši ih zračenju radioaktivnih izvora. Očigledno transmutacija elemenata—san alkemičara—bila je univerzalna mogućnost. Takvo viđenje, koje se samo nametalo da je raspodjela elemenata, koju danas nalazimo na Zemlji, „fossil“ evolucijskog procesa kojeg čine mnogi oblici nuklearnih reakcija. Pojava atomske energije pružila je odsudni ključ dugovječnoj zagonetki, kakav bi izvor energije naše Sunce moglo biti, isto kao i mogući odnos između nuklearnih procesa koji se odvijaju u Suncu i zvjezdama, i izvoru kemijskih elemenata.

Ali već ranije tijekom prvih desetljeća 20. stoljeća znanstvenici su otkrili nešto drugo od temeljne važnosti. Ima nečeg veoma posebnog u supstancama koje su procesi radioaktivnog raspada proizveli. Neki od tih proizvoda atomskih pretvorbi jako su sličili na prirodno nastale elemente i ne bi se od njih mogli kemijski odijeliti kad ih se smješa zajedno, no ipak imali su veoma različita radioaktivna svojstva. Na primjer, tvar zvana „ionij“, koja nastaje od raspada uranija kemijski je izgledala ista kao torij no raspad je trajao samo nekoliko dana, dok je poluvijek prirodnog torija tako dugovječan (preko 10 milijardi godina) da se jedva mogao u to vrijeme procijeniti.

1910. Frederick Soddy je predložio da bi mogla postojati podvrsta jednog te istog elementa, koja ima različite atomske težine ali praktički jednaka kemijska svojstva. On je skovao riječ „izotop“, što u grčkom znači „isto mjesto“ to jest s kemijskog gledišta te podvrste bi pripadale istom mjestu u Mendeljejevom periodičkom sustavu. Nekoliko godina kasnije, istraživači su potvrdili, na primjer, da olovo koje prati minerale uranija ima *različitu atomsku težinu* od olova kojeg nalazimo u mineralima prirodnog torija. Prema tome, „olovo nije olovo“ – različiti radioaktivni

lanci završavaju u različitim izotopima olova.

Ta otkrića razotkrila su izvanrednu nejasnoću u koncepciji elementa, dotada cijele osnove kemije!

1927. – 1929. s Astonovim razvojem spektrografa mase i time sposobnosti mjerenja atomskih težina daleko većom preciznosti postalo je jasno da je postojanje izrazitih izotopa sveprisutno svojstvo kemijskih elemenata, te da se praktički svi elementi koje nalazimo u prirodi, bili radioaktivni ili ne, sastoje od mješavine izotopa u različitim omjerima. Postalo je razvidno da je broj izotopa mnogo puta veći od broja elemenata, čak i glede stabilnih izotopa. Željezo na primjer ima četiri znana stabilna izotopa, kalcij šest, a kositar drži najveći rekord od 10, a svi se mogu naći u izobilju na Zemlji. U samoj je prirodi procesa nuklearne pretvorbe da će različiti izotopi jednog te istog elementa općenito imati različito *počelo*, različite *prahistorije* u evoluciji svemira.

Danas znamo negdje oko 3000 raznih izotopa, i većinu od njih je stvorio čovjek. To odgovara prosjeku od oko 30 izotopa za svaki element. Mnogi od njih su kratkog života u svom „slobodnom“ stanju no oni ipak predstavljaju ostvarive načine postojanja materije u našem svijetu.

Sve ovo znači dodatak *nove dimenzionalnosti* Mendeljejevom periodičkom sustavu. Otkriće izotopa zove na potpunu novu razradu kemije. Kako ćemo onda sada oblikovati pojam poretka novo nastajućeg „periodičkog sustava izotopa“? Odgovor što se tiče znanosti i njenog napretka u tome do danas neodjeljivo je povezan s *anomalijama atomskih težina*.

Mendeljejev je temeljio svoj periodički sustav na *svrstavanju po veličini* odnosno po *rednom broju* elemenata po redu njihove rastuće atomske težine koristeći usporedbu između tog svrstavanja i periodičnosti kemijskih i kristalografskih svojstava, da bi ispravio netočnosti u greškama mjerenja atomskih težina i odredio položaj elemenata „koji nedostaju“ u nizu. Bolje razumijevanje značenja vrijednosti samih atomskih težina ostalo je i dalje izazov, koji izražava i pravilnosti kao i neobične nepravilnosti. U drugu ruku te vrijednosti, bez obzira na jedinice koje se

koriste u njihovom izražavanju izlažu nepogrešivu sklonost stvaranju proporcija cijelih brojeva. Početkom 19. stoljeća engleski kemičar William Prout istaknuo je da su atomske težine izgleda cjeloviti višekratnik atomske težine vodika, najlakšeg elementa. Na osnovu toga on je temeljio svoju hipotezu da se elementi na neki način sastoje od vodika kao osnovne kockice za slaganje.

Mendeljejev je odbacio ovu redukcionističku koncepciju zakonitosti a opovrgnuli su je i eksperimentalno preciznijim mjerenjima atomskih težina. Naročito je bio upadljiv slučaj klora, kojeg su kao element prepoznali 1820., a čija je atomska težina, relativno prema vodiku bila oko 35,5. Ustvari, kad je Mendeljejev načinio svoju periodičku tablicu on je popisao vrijednosti atomskih težina za prve dvije „oktave“ svog sustava, kako su one bile tada poznate, kao veoma grube približne vrijednosti, na sljedeći način:

(Prvi red:) H 1  
Drugi red: Li 7 Be 9,4 B 11 C 12 N 14  
O 16 F 19  
Treći red: Na 23 Mg 24,3 Al 27,4 Si 28  
P 31 S 32 Cl 35,5

Koji je uzrok mješavini između (veoma blizu) cjelovitih vrijednosti i necjelovitih, i nepravilnoj raspodjeli „skokova“ u vrijednostima između uzastopnih elemenata? Da li je to značilo više elemenata „koji nedostaju“ ili čak novih kemijskih skupina? Elementa možda različite vrste, nego što je Mendeljejev dopuštao?

### **Nove anomalije**

Ovdje otkriće izotopa i naknadnog mjerenja njihovih atomskih težina donosi odsudni prodor. Pojavila se izvanredna pravilnost koja je do sada bila sakrivena, dok su se istovremeno pojavile nove nepravilnosti koje ostaju kao središnji izazov moderne nuklearne fizike sve do današnjeg dana.

Prvo, prihvaćeno je budući da su prirodno nastali elementi u stvarnosti mješavine izotopa, koji sami imaju različite atomske težine, da su ranije mjerene vrijednosti elemenata bile odraz neke vrste prosječne vrijednosti atomskih težina odgovarajućih izotopa, „izvaganih“ u skladu s relativnim postotkom izotopa u mješavini. Razlog za

polovice u vrijednosti na primjer za klor, leži u okolnostima da se prirodno nastali klor sastoji od mješavine dva izotopa, jedan s atomskom težinom vrlo blizu 35, a drugi s atomskom težinom 37 u omjeru po prilici 3 : 1.

Uspoređujući atomske težine *izotopa* jednog s drugim umjesto s onim od *elemenata*, velika odstupanja od omjera cijelih brojeva nestaju a u žarištu se javlja izvanredni novi skup odnosa.

Odnosi vrijednosti izotopa se najjasnije ističu, kad ih se usporedi ne s vodikom nego određenim specifičnim izotopom ugljika (kojeg se danas označava kao C-12). Kad kao jedinicu postavimo 1/12 atomske težine ugljika-12, onda numeričke vrijednosti atomskih težina znanih izotopa ispadaju, bez iznimke, unutar desetine u najvećem slučaju od vrijednosti cjelih brojeva. U većini slučajeva odstupanje je čak mnogo manje.

Prema tome svaki izotop se može nedvosmisleno povezati s određenim cijelim brojem kojeg danas zovemo njegovim „masenim brojem“, koji se vrlo dobro podudara s njegovom atomskom težinom. Naprimjer vodik ima prirodno nastale izotope masenih brojeva 1 i 2, kisik ima tri: 16, 17, 18, kositar ima 10: 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122 i 124 i tako dalje. Bilo je prirodno očekivati da bi tamo, gdje postoje praznine u nizu masenih brojeva, kao između kalcija-44 i kalcija-46, dodatni izotop kalcija s masenim brojem 45 trebao postojati, vjerojatno *nestabilan*—jer to bi objasnilo njegovu očiglednu rijetkost u prirodi. Doista, kad su ubrzivači i kasnije nuklearni reaktori počeli proizvoditi velike količine novih izotopa, mnoge od tih „rupa“ u nizu izotopa su se popunile i postojeći niz se proširio prema gore i prema dole. Ne može postojati gotovo nikakve sumnje, da su izotopi jednog te istog elementa prirodno poredani kao uzastopni cijeli brojevi.

No tada se pojavio čitav novi skup pitanja: zašto su neki izotopi stabilni a drugi nisu? Zašto se pukotine obično pokazuju najčešće na *neparnim* mjestima? Koji je razlog da neki elementi imaju mnogo izotopa, drugi vrlo malo, ili čak samo jedan? Koji je razlog za stanovite uzorke u relativnom obilju različitih elemenata u

prirodi, koje nemaju očiti odnos s periodičnostima Mendeljejeve tablice?

U međuvremenu istraživanja röntgenskog spektra kemijskih elemenata—njihovih rezonantnih frekvencija absorpcije i ponovne emisije kad ih se zrači röntgenskim zrakama—pružaju novi fizički temelj za Mendeljejev poredak samih elemenata, neovisno o atomskim težinama: matrica röntgenskih spektralnih frekvencija danog kemijskog elementa mijenja se stepeničasto sasvim regularnim i sistematskim načinom dok prelazimo s jednog elementa na njegovog sljednika u periodičkom sustavu. Postalo je moguće predvidjeti röntgenski spektar još neznanih elemenata i odrediti i otkriti ih čak i u krajnje sitnim koncentracijama preko röntgenskog „potpisa“ koji odaje njihov identitet. No röntgenski spektri izotopa danog elementa su gotovo sasvim jednaki, kao i njihovo kemijsko ponašanje.

### ***Izotopi i Gaussovi kompleksni brojevi***

Stoga, atomi u našem svemiru čini se imaju dvostruku prirodu:

*Prvo*, njihova osobnost kao kemijskih elemenata odražena u njihovim afinitetima prema drugim elementima s kojima tvore kemijske spojeve--u vrstama kristala koje tvore sami ili u kombinaciji s drugim elementima; u okolnostima pod kojim zauzimaju kruto, tekuće ili plinovito stanje, itd.; u njihovom optičkom i röntgenskom spektru.

*Drugo*, njihov „novi“ identitet kao izotopi u sklopu svih otkrića koje smo upravo rezimirali, tvori glavnu početnu crtu područja zvanog „nuklearna fizika“.

Konačno, ova dva vida moraju se usko povezati jedan s drugim na načine koji još nisu dovoljno shvatljivi.

Mnogo napornog rada je ostalo, no znamo da nastanak nuklearne fizike u upravo skiciranom procesu, primjer je oblika napretka ljudskog znanja kojeg je Bernhard Riemann opisao u svom slavnom radu „O hipotezama na kojima počiva geometrija“ – prikaz ljudske prakse u tvorbi mnogoznačnika višeg reda iz mnogoznačnika nižeg reda uklapanjem dodatne novootkrivene fizičke zakonitosti.

Kako bismo onda trebali prikazati novonastajući *sustav izotopa*? Najnezamršeniji



pristup, s obzirom na činjenicu nove „dimenzionalnosti“ u Riemannovom smislu, bio bi onaj kojeg je Carl Gauss izvorno uporabio u svojoj obradi bikvadratnih ostataka. Da bi preslikao zbirni učinak dvaju različitih principa poretka niza, Gauss je proširio područje rednih brojeva uvođenjem takozvanog *imaginarnog kompleksnog cijelog broja*. Gaussov sustav kompleksnih cijelih brojeva može se vizuelno prikazati kao sustav točaka rešetke u ravnini, gdje vodoravna, takozvana „realna os“ prikazuje vrstu pomaka koja odgovara rednim brojevima, a okomita takozvana „imaginarna os“ predstavlja pomak u skladu s novim načelom. Odnos između tih dvaju načela pomaka određuje treće načelo.

Primjenite to sad na poredak niza izotopa! Zamislite svaki izotop u sprezi s kompleksnim cijelim brojem—to jest u geometrijskom prikazu, kao specifičnu geometrijsku točku rešetke na sljedeći način. Komponenta izotopa duž vodoravne „realne osi“ neka bude redni broj danog elementa u Mendeljejevom izvornom periodičkom sustavu, inače znan kao njegov atomski broj. „Imaginarni dio“, t.j. njegova komponenta u okomitom smjeru neka bude njegov maseni broj. Na taj način izotopi danog elementa imaju položaj na pravcima paralelnim s okomitom osi na visini koja odgovara njihovim atomskim težinama, ili radije njima najbližem cijelom broju.

Da prikazemo to više dijagramatski: izotop elementa s atomskim brojem  $Z$  i masom  $M$ , odgovara Gaussovom kompleksnom broju  $Z+iM$ .

Puki preslik izotopa u kompleksne redne brojeve samo postavlja početnu osnovu stvarnog rada, a to je otkriti *fizičke zakonitosti* na kojima počivaju postojanje i pretvorba izotopa, i spona između „kemijskih“ i „nuklearnih“ procesa.

Odsudni ključ leži u uzorku *sićušnih nedosljednosti* između aktualnih, fizičkih vrijednosti atomskih težina s jedne strane i cijelih masenih brojeva koje koristimo u našem preslikavanju, s druge. Upravo u tim sićušnim nedosljednostima stoji čitav potencijal nuklearne energije! One su jednake sitnim razlikama između uočenog gibanja Marsa i predviđenog gibanja na osnovu pretpostavke jednolikog kružnog

gibanja planeta, koja je pomogla Kepleru u otkrivanju zakonitosti univerzalne gravitacije.

Na primjer, koji je odnos između atomskih težina dvaju atoma i atoma koji bi hipotetski mogao nastati nekom vrstom fuzije njih dvaju?

Jedan od najjednostavnijih slučajeva bio bi sjediniti dva atoma izotopa *vodika* s rednim brojem  $1+2i$  (zvanog deuterij) da bismo dobili jedan atom izotopa *helija*  $2+4i$  (najuobičajeniji oblik helija, helij-4). Ta ideja odgovara u širem smislu onom što vjerujemo da se događa u Suncu. Ovdje se kompleksni redni brojevi algebarski zbrajaju. Ali što je sa stvarnim atomskim težinama?

Atomska težina deuterija je, iz aktualnih mjerenja, 2,014102 jedinica mase, a dvostruka vrijednost bila bi 4,028204. Izmjerena atomska težina jednog atoma helija-4 je, u drugu ruku, 4,002603, što je neznatno *manje* od prve vrijednosti za 0,025601 jedinica mase, ili oko 0,6%. Što bi moglo slijediti iz zapažanja, da je atom helija-4 za 0,6% lakši od dva atoma deuterija uzeta odvojeno? Kad bi bilo moguće za atome deuterija da se preslože u atom helija, ishod bi sadržavao *netto smanjenje mase*.

Ustvari vjeruje se da je *fuzija* izotopa vodika u tvorbi helija glavni izvor energije Sunca. Glavne reakcije koje uzimaju oblik lanca, čine se da su zamršenije od naše hipotetske, no one dijele zajedničko svojstvo – na koncu atomska težina konačnog(-ih) proizvoda je *manja* od mase reaktanata. Koje to ima značenje?

Prema našim najboljim sadašnjim saznanjima, Einsteinov opći odgovor je točan, to jest stopa stvaranja „mase koja nedostaje“ direktno je proporcionalna energiji koju proizvode zvijezde. Mi ne možemo, na primjer, izravno mjeriti polagani gubitak mase Sunca ali možemo uočiti istu vrstu proporcionalnog odnosa baš izravno u bezbrojnim radioaktivnim procesima nuklearnih reakcija. To isto tako vrijedi za nuklearnu fisiju, gdje je zbroj masa fragmenata, nastalih fisijom uranijeve jezgre neznatno, no izmjerivo manji od mase početne jezgre. Točnije, „masa koja nedostaje“ ima veličinu 0,087% mase uranijeve jezgre.

Čini se, stoga, da upravo ta sićušna neslaganja glede atomskih težina drže ključ sunčeve energije održanja naše biosfere kao i naše vlastite energije u održanju svjetskog stanovništva na osnovi nuklearne energije u budućem razdoblju. No ipak, kao što se Kepler suprotstavio nepravilnosti sitne „pogreške“ u predskazanim položajima Marsa, relativno prema redukcionističkim izračunima Ptolomeja, Tycho Brahe i Kopernika—pogreške koje odražavaju postojanje više zakonitosti koju su kasnije definirali kao univerzalnu gravitaciju—tako i danas potreban nam je

konceptijski skok da bismo otkrili zakonitosti nove nuklearne fizike.

Samo ću još dati jednu primjedbu u zaključku, da bi se magnetsko svojstvo nekog izotopa moglo smatrati, u stanovitom smislu, kao „imaginarna“ komponenta vrijednosti funkcije mase za odgovarajući kompleksni redni broj. Obuhvaćajući dodatnu dimenziju nuklearnih izomera (takozvanih uzbuđenih stanja jezgre, koja promijene magnetska svojstva) mogli bismo razraditi iscrpniju Riemannsku površinsku funkciju glede problema ovih zakonitosti.