

NOBELOVAC HARRY KROTO GOVORI O KOMERCIJALIZACIJI ZNANOSTI, POLITICI I INTERNETU

# Iza trivijalnosti poput paljenja svjetla leže stoljeća znanstvenih istraživanja

DUJE BONACCI

Sir Harry Kroto britanski je kemičar, dobitnik Nobelove nagrade za kemiju 1996. godine, za otkriće fulerena, lopotastih ugljikovih molekula čiji su model imali priliku svojim rukama graditi posjetitelji nedavno održanog Festivala znanosti u Zagrebu. S Krotom smo razgovarali u kolovozu prošle godine na Brijunima, gdje je gostovao kao predavač na »Brijunskoj konferenciji«, već tradicionalnom interdisciplinarnom bienalnom okupljanju vrhunskih svjetskih znanstvenika koje organizira dr. Slobodan Bosanac, istraživač najveće hrvatske znanstveno-istraživačke ustanove, zagrebačkog Instituta »Ruder Bosković«.

● Kako gledate na ulogu znanosti u suvremenom društvu i gdje vidite trenutne probleme sa slikom koju javnost ima o znanosti?

– Nesumnjivo je da je znanost preobratila naše društvo i da suvremeni život jako ovisi o znanosti i tehnologiji. Međutim, kako ove dvije djelatnosti postaju sve učinkovitije, ljudi njihovu ulogu i daljnji napredak počinju uzimati zdravo za gotovo. Tako, na primjer, nitko se prejerano ne uzbuđuje oko činjenice da kad pritisnete prekidač za svjetlo, svjetlo se najčešće stvarno i upali! Većina ljudi uopće ne shvaća da iza ovakvih danas trivijalnih radnji – kao što je paljenje svjetla – leži nekoliko stoljeća znanstvenih istraživanja. Nažalost, jedino vrijeme kad se šira javnost

zainteresira za znanost i tehnologiju jest kad nešto uz njih vezano pade po zlu. Smatram vrlo bitnim da cjelokupno društvo shvati kako danas – a osobito u budućnosti – nitko ne bi smio napustiti školu bez da je stekao dobru podlogu u područjima vezanim za znanost i tehnologiju.

Moje je stanovište da ljudi koji nisu profesionalni znanstvenici, a tu se ubraja i velika većina političara, često griješe baš u situacijama u kojima se zbivanja u društvu počnu ispreplitati sa znanošću. Vjerujem da bi u takvim slučajevima znanstveno opismenjeni pojedinac bio sposoban donijeti mnogo bolje odluke nego onaj koji to nije, te bi se tako broj pogrešnih društveno važnih odluka bitno smanjio.

## Težnja opismenjenim pojedincima

● Sve se češće događa da javnost pogrešno tumači znanstvene rezultate. Po vašem mišljenju, zašto se to događa?

– U mnogim kontroverznim znanstvenim situacijama postoji ozbiljan problem da javnost jednostavno ne barata jezikom znanosti. Tako, na primjer, ako vi meni kažete nešto na hrvatskom, a ja hrvatski ne govorim, onda među nama postoji ozbiljan problem u komunikaciji. Možda mi vi želite reći nešto vrlo važnoga, što bih mogao razumjeti da govorim hrvatski. Tako je i matematika jedan od jezika kojima se koristimo u znanosti pa stoga neke važne znanstvene stavke ne možete razumjeti ako barem donekle

ne baratate ovim jezikom. Ako sami niste spremni uložiti nešto truda u učenje tog jezika, onda ne možete samo otkriti znanstvenike da su nesposobni 'jednostavno' ispričati ono što vam pokušavaju prenijeti.

Kao primjer, da biste uistinu shvatili neke potankosti oko Shakespeareovog doprinosa engleskom jeziku i kulturi, morate naučiti engleski. No, engleski kao takav nije vam zapravo nužan za preživljavanje. Nasuprot tome, kako razumijevanje znanosti i tehnologije danas postaje uistinu od iznimne važnosti za snalaženje u suvremenom svijetu, vrlo je bitno da političari i ostali koji donose dalekosežne društvene odluke budu u stanju razumjeti neke od važnih znanstvenih pojmova. Važno je stoga što znanost i tehnologija pružaju velike mogućnosti za unapređivanje ljudskog društva, no istovremeno mogu biti zlorabljivi uz teške posljedice.

Zato je važno u javnosti razviti bolje razumijevanje za znanost i upravo zato znanstvenici moraju – a mnogi od njih na tome i rade – svom silom pokušati pomoći neznanstvenoj javnosti u postizanju tog cilja. Međutim, i javnost tome mora doprijeti – ne može se od nas znanstvenika očekivati da trivijalno pojasnimo neke od važnih tema koje se jednostavno ne mogu dalje pojednostavniti. Na kraju se moramo susresti negdje na pola puta.

● Gdje bi znanstvena zajednica trebala usmjeriti svoj trud kako bi doprinijela poboljšanju sadašnjeg stanja?



NOVA TEHNOLOGIJA GENETIČKOG PRILAGODIVANJA: To je neosporno najmoćnija tehnologija do sada, koja otvara velike mogućnosti, ali i zadaje strašne glavobolje

## Ne razumijemo proces obrazovanja

– Smatram da korijen ovog problema leži u obrazovanju. Vjerujem da su djeca po prirodi radoznala i da u ranoj mladosti doista uživaju u istraživanju svijeta koji ih okružuje. Poteškoća je u tome što između pete i 15. godine mnoga od njih nekako izgube to zani-

manje za spoznavanjem novoga. Stoga, mislim da prvo moramo rasvijetliti zbog čega taj prirodni zanos za učenjem – koji je kod male djece tako snažno izražen – kod tinejdžera uglavnom nestaje i nikada se više ne vrati. Mi zapravo ne znamo niti kako obrazovati sami sebe, ne razumijemo potpuno proces obrazovanja i poteš-

koće koje se u njemu javljaju. Zbog toga smatram da znanstvenici baš tu moraju usredotočiti svoje napore. Moji suradnici i ja pokušavamo u ovu svrhu koristiti Internet.

Smatram da je Internet drugi moćni obrazovni alat razvijen u povijesti čovječanstva, nakon izuma tiskarskog stroja koji je svakako bio prvi. Televizija je također to mogla postati, no, nažalost, nije, jer sadržajem programa upravljaju propagandna promidžba i slični ekonomski čimbenici, pa se vrlo slabo koristi kao obrazovno sredstvo. No, Internet bi to uistinu mogao biti. Kako bismo potaknuli znanstvenike na uporabu mreže u obrazovne svrhe, ustanovili smo znanstveno zakladu VEGA (www.vega.org.uk). Kroz tu zakladu potičemo i pomažemo znanstvenike u izradi kvalitetnih i besplatnih obrazovnih sadržaja dostupnih putem Interneta bilo kome, a osobito učiteljima širom svijeta.

Knjige su slične tome – možete napisati svoju knjigu, a njen sadržaj će biti upravo onakav kakvog ste vi željeli, a ne onakav kakvog vam je netko drugi

nametnuo. Nasuprot tome, kad vas snima televizija, o tome što će biti emitirano ne odlučujete vi, već netko iz televizijske kuće.

Vi sami nemate mnogo nadzora u pogledu uporabe televizije kao medija kroz koji ćete publici prenijeti vašu poruku. Zbog toga vjerujem da je televizija mrtva. Živio Internet – barem što se tiče obrazovanja, ako ne i mnogo šire.

## Zašto nismo prijateljski raspoloženi

● U zapadnom se društvu na znanje sve više gleda kao na vrlo skupocjenu imovinu. Mislite li da će razvoj znanosti i dalje donositi dobrobiti cjelokupnom ljudskom rodu?

– Vjerujem da hoće. Svaka napredna tehnologija ima velike mogućnosti u pogledu donošenja dobrobiti, ali istovremeno i velikog zla čovječanstvu. Bitno je da cjelokupna ljudska zajednica to razumije i osigura da se ista upotrijebi na najrazumniji mogući način. Nezgoda je što je ponekad iznimno teško nadzirati primjenu neke tehnologije. Ako imate nož, možete ga upotrijebiti da biste

njime nešto izrezbarili ili pripremili hranu, dakle učinili nešto korisno.

No, isto tako ga možete upotrijebiti da nekoga ubijete. Isto vrijedi i za nuklearnu energiju i za tehnologiju genetičkog prilagodivanja. Nova tehnologija genetičkog prilagodivanja je neosporno najmoćnija tehnologija dosad razvijena i kao takva nam otvara velike mogućnosti. Istovremeno će nam vjerojatno zadati strašne glavobolje.

Ne znamo rješavati najjednostavnije društvene probleme, kao, primjerice, zašto prema svim drugim pripadnicima ljudskog roda ne možemo biti barem donekle prijateljski raspoloženi. Govoreći o tehnologiji genetičkog prilagodivanja, vjerujem da će ona pred društvo postaviti niz važnih i složenih dvojbi koje bismo svrstali pod okrilje 'etike i moralnosti'.

Smatram da se odgovori na takva pitanja ne temelje na sveobuhvatnim prirodnim standardima; razumne će odluke trebati donijeti na temelju raznih društvenih pravila i zakona razvijanih tijekom tisuća godina. Uistinu vjerujem da nam predstoje vrlo ozbiljne nevolje i ne znam kako ćemo ih razriješiti. Ljudi misle da postoje jasni apstraktni odgovori, 'da' ili 'ne', ali se u tome varaju! Ne postoje jasni i jedinstveni odgovori, već samo niz društvenih odluka od kojih svaku treba vrlo pažljivo odvagati.

Lijep primjer može biti malaria. Međunarodnim dogovorom smanjena je proizvodnja DDT-a, kemikalije koja je tijekom proteklih desetljeća spasila milijune ljudskih života. Sada kad je ta odluka stupila na snagu, uporaba DDT-a se smanjila, broj komaraca je značajno porastao, zbog čega od malarije sada godišnje umire možda i oko milijun ljudi, i to pretežito djece.

To je upravo vrsta poteškoće na sučelju između znanosti i društva, s kojom ćemo se svi mi, znanstvenici, javnost i političari, u budućnosti sve češće susretati. Važno je razumjeti da je to odluka ljudske zajednice i da ne postoji neka jasna društvena jednadžba koja ima samo jedno i nužno ispravno rješenje. Odlučili smo da danas ljudi moraju umirati kako bi u budućnosti neki drugi možda mogli bolje živjeti. Takve teme uistinu potiču na razmišljanje...

## Privatizacija znanosti čista je glupost

● Što mislite o privatizaciji znanstvenih dostignuća?

– U potpunosti sam protiv toga! To jednostavno ne može funkcionirati. Na kraju krajeva, znanost je sačinjena od niza raznih spoznaja o prirodi, a sve se takve spoznaje prije ili kasnije prošire, koliko god ih se dobro pokušalo sakriti. Koristi od patentiranja spoznaja trebala bi imati osoba koja je do nje došla, no kad te osobe više nema, to je to! Smatram da tajnovitost ima negativan učinak na znanost, kao i na društvo. Priča o dvojici znanstvenika koji su izučavali što

se zbiva s bakterijama pod utjecajem električne struje jedan je od najboljih primjera kako znanost djeluje. Oni su u otopinu koja je sadržavala bakterije uronili dvije platin-ske elektrode, te su preko njih kroz otopinu pustili struju. Rezultat je bio uginuće bakterija. Potom su otkrili da zapravo nije struja ubila bakterije, već mala količina platine s elektroda koja se otapila u otopinu. U susjednom su laboratoriju drugi znanstvenici provodili istraživanja na stanicama raka i, saznajući za rezultat svojih kolega, pokušali primijeniti

postupak s platinom na te stanice. Otkrili su da on uistinu djeluje i to čak i bolje nego kod bakterija. Potom su istražili znanstvenu literaturu i našli rad o topivim spojevima platine objavljen gotovo stotinu godina ranije, i na temelju tog niza događaja razvijene su današnje metode liječenja raka.

Tisuće je ljudi danas živo zahvaljujući slobodnoj dostupnosti znanstvenih rezultata. Istraživači u prvom laboratoriju nisu tražili lijek protiv raka, ali je slobodna dostupnost njihovih rezultata omogućila go-

lem humanitarni proboj. Baš tako znanost djeluje, i to protuteza tvrdnji o 'korisnosti' od tajnovitosti i skrivanja otkrića.

Kommercijalizacija u znanosti loša je i po znanost i po društvo, ali je, nažalost, jedan od važnih načina financiranja vrlo skupih istraživačkih projekata. No, smatram da postoji i bolji način, samo što vam ne znam reći koji. Jedino sam posve siguran da on postoji i da zbog sveopćeg dobrobiti ljudskog društva svi zajedno moramo uložiti velik napor u njegovo pronalaženje.



HARRY KROTO: »Ako sami niste spremni uložiti nešto truda u učenje 'znanstvenog' jezika, onda ne možete samo otkriti znanstvenike da su nesposobni 'jednostavno' ispričati ono što vam pokušavaju prenijeti«

LANA KOS

Običan čovjek s općim znanjem o biologiji, zna da najvažniji Zemljini elementi neprestano kruže između neba, zemlje i mora. Nazočnost ljudi postalo je toliko presudno da smo uznemirili čak i te osnovne mehanizme našeg planeta. Međutim, još je zanimljivije ono što smo učinili s ugljikom – unosimo ugljični dioksid u atmosferu mnogo brže nego što ga zemlja i more mogu apsorbirati, pa akumulirani plin zaustavlja toplinu i remeti klimu. Rezultat toga nisu samo širenje oceana i bježenje oluja, nego i premještanje ekosustava, mijenjanje granica šuma i pašnjaka i slično.

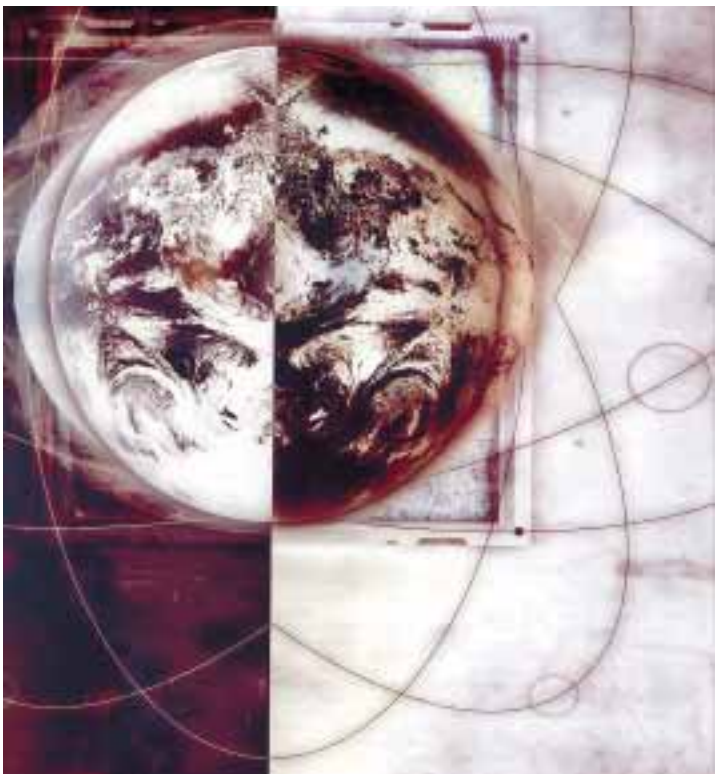
Mnoge životinje i biljke neće se moći prilagoditi takvim iznenadnim promjenama u svojim staništima. Barem se tim i sličnim pitanjima bavi nedavno objavljeno istraživanje u Americi koje govori o čudnovatom bujanju urbanih biljnih površina po najvećim američkim gradovima, a to se poglavito to odnosi na »Veliku jabuku« New York.

## Kružni ciklus dušika

Upotrebom dušičnih gnojiva, spaljivanjem starih goriva i čišćenjem zemlje paljenjem, ljudi su udvostručili količinu dušičnih spojeva koje mogu podnijeti živa bića. Te su količine veće nego što ih biljke i životinje mogu apsorbirati i reciklirati u atmosferu. Taj suvišak dospijeva u slatku i slanu vodu gdje pospješuje rast algi.

Još je gora situacija s vodom. Ljudska potreba za slatkom vodom tolika je da mnoge velike rijeke, primjerice Nil, isušuju prije nego što stignu do mora, a vraćaju se u vodene tokove opterećene opasnim kemikalijama i kanalizacijom. Gradnja 40.000 velikih brana i veći broj manjih »začepljenja«, pretvorilo je većinu svjetskih rijeka u serije međusobno povezanih jezera. Ekosustavi su prirodno elastični, no samo do određenog stupnja. Kišne šume podnose sječu, ali će prekoračenjem zasad još nepoznatog praga podnošljivosti

## GDJE JE KRITIČNA TOČKA EKO-SUSTAVA MOŽE I GORE



ZEMLJIN EKO-SUSTAV: Ekosustavi su prirodno elastični, ali samo do određenog stupnja

Rezultat uništavanja našeg eko-sustava nije samo širenje oceana i bježenje oluja, već i premještanje ekosustava, mijenjanje granica šuma i pašnjaka...

Mnoge životinje i biljke neće se moći prilagoditi tim iznenadnim promjenama u svojim staništima. Nekim od tih pitanja bavi se nedavno objavljeno istraživanje u SAD-u koje govori o čudnovatom bujanju urbanih biljnih površina po najvećim američkim gradovima

izgubiti sposobnost oporavka. Nedavna studija michiganskog sveučilišta pokazala je da je sječa drva ugrozila opstanak indonezijskih velikih stabla dipterokarpa koja su »sidro« indonezijske kišne šume. Ta se stabla reproduciraju tako da urode velikom količinom plodova dovoljnih za zadovoljenje svih stanovnika šume i još uvijek ostane dovoljno razbacanih plodova iz kojih će niknuti nova stabla. Takav način razmnožavanja bio je uhodan milijunima godina. Danas su šume Bornea toliko reducirane

da kad ljudi i životinje potroše sve plodove dipterokarpa, više nema preostalog razbacanog voća pa nova stabla više – ne rastu. Budući da je cijela vojska živih bića, od orangutana do divljih svinja, ovisna o dipterokarpovim plodovima, njihova bi nestajanja mogla dovesti do konačne propasti cijelog indonezijskog ekosustava kišne šume. Kako ublažiti problem?

## Mrtvo slovo na papiru?

Vlade bi, primjerice, trebale prestati subvencionirati neke ak-

tivnosti koje poboljšavaju uništenje ekosustava. Načeti i uništene ekosustavi teško se oporavljaju. SAD to upravo uči u svome milijarderskom naporu da zaustavi propadanje Evergladesa, rijeke trave koja je nekoć pokrivala 11.700 kvadratnih kilometara Floride. Potrošivši većinu 20. stoljeća na izradu kanala, gradnju brana i skretanje tokova vode za gradsku i poljoprivrednu upotrebu, državni i federalni političari promatrali su rastuću upozorenja promjena koje su uništavale ekosustav. Populacija ptica se smanjila, sportsko i komercijalno ribarenje propada, 68 domaćih vrsta, uključujući i morske krave i pantere, proglašene su ugroženima, a kapacitet sustava da prikuplja vodu opao je premda ljudske potrebe za njom rastu.

Milijarde će dolara biti utrošene kako bi se fosfor uklonio iz otpadnih voda s poljoprivrednih površina, kako bi se obnovila staništa i modificirali planovi za razvitak sistema, ali i dalje nema garancije da će ti naponi povratiti Everglades. Ovakva razarajuća činjenica da ni najbogatija nacija ne može obnoviti svoj najvitalniji ekosustav, trebala bi postati nit vodilja budućih odluka, a provlači se uzastopce i kroz UN-ovo iz-

ANTUN MATEJČIĆ

Ueseju objavljenom u posljednjem broju časopisa *Foreign Policy* britanski astronom Martin Rees iz King's Collegea u Cambridgeu detaljno je izložio vrlo zanimljivu tezu o privatnoj inicijativi u istraživanjima svemira. Esej je naslovio na temelju Reesove knjige »Our Final Hour: The Threat to Humanity's Survival« izdanoj ove godine, u kojoj se zalaze da istraživanje svemira bude prepušteno bogatim, avanturističkim pojedincima, a ne državnim ustanovama kao što su ESA ili NASA.

Nova Reesova knjiga pobija desetljeća državne inicijative u svemirskim istraživanjima i stoji nasuprot velikog broja projekata na teret poreznih obveznika. Protivci se postavljaju na temelju Reesove knjige »Our Final Hour: The Threat to Humanity's Survival« izdanoj ove godine, u kojoj se zalaze da istraživanje svemira bude prepušteno bogatim, avanturističkim pojedincima, a ne državnim ustanovama kao što su ESA ili NASA.

Novi Reesovi projekti pobijaju desetljeća državne inicijative u svemirskim istraživanjima i stoji nasuprot velikog broja projekata na teret poreznih obveznika. Protivci se postavljaju na temelju Reesove knjige »Our Final Hour: The Threat to Humanity's Survival« izdanoj ove godine, u kojoj se zalaze da istraživanje svemira bude prepušteno bogatim, avanturističkim pojedincima, a ne državnim ustanovama kao što su ESA ili NASA.

Svjetska banka, UN-ov Program za razvitak, UN-ov Program za zaštitu okoliša i Svjetski istraživački institut potvrdili su na sjednici svoje obećanje da će održivost svjetskih ekosustava učiniti glavnim i kritičnim razvojnim prioritetom za 21. stoljeće. To su velike riječi, ali ocjenjivački sud tog obzračanja biti će sami ekosustavi. Sama će nam Zemlja dati do znanja jesu li naše riječi ostale – mrtvo slovo na papiru.

## KOMERCIJALIZACIJA SVEMIRSKIH ISTRAŽIVANJA

## Ima li smisla Mars

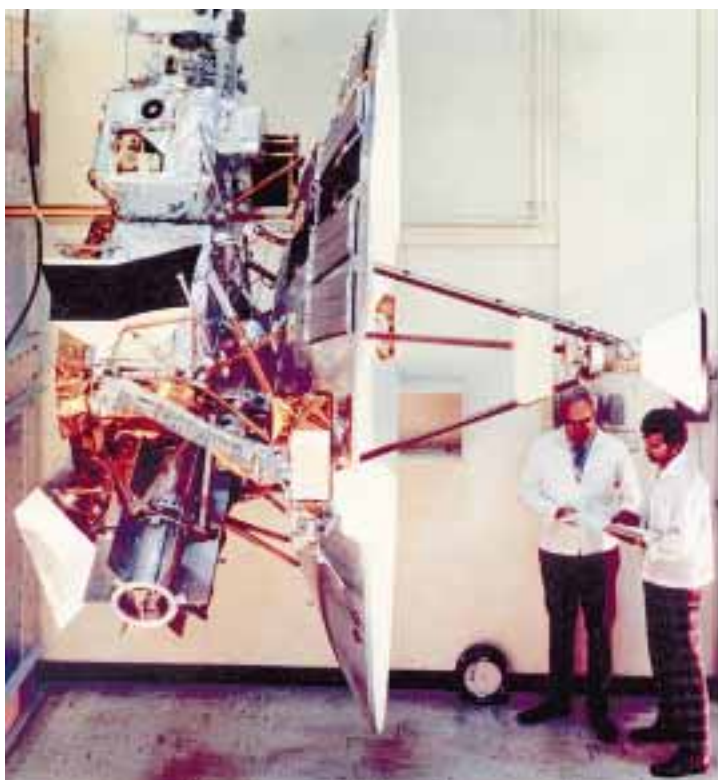
Martin Rees, britanski astronom i znanstvenik, smatra da nema nikakvog razloga za preskupo lansiranje ljudi u svemir. Po njemu, većina poslova koje astronauti obavljaju u svemiru može se brže, preciznije i jeftinije izvesti uporabom robota i računala. Beskrajno obiljetanje ljudi oko Zemlje na Međunarodnoj svemirskoj stanici ne razlikuje se od slanja velike guske u svemir

greške i na mjestu gdje se ne smiju događati. Sjetite se nesreće shuttlea Columbia«, dodaje.

Rees je također objavio i dva, po njemu najvažnija cilja ljudskog istraživanja svemira, ponovni odlazak na Mjesec i osvajanje Marsa, kojega smatra krajnjim odredištem ljudske posade. Međutim, Rees također naglašava opasnost od komercijalne eksploataci-

ru izvrsno kontroliranog iskorištavanja Antarktika, čija se prirodna ravnoteža vrlo malo promijenila od početka eksploatacije prirodnih bogatstava. S druge strane stoji privatni kapital na američkom zapadu, u Rusiji ili Njemačkoj, na koje sigurno ne bismo htjeli da Mars sliči nakon stotinjak godina.

Rees je možda i u pravu, jer se, nažalost, većina poslova ljudske posade u svemiru sastoji od rutinskog održavanja letjelice, promatranja okoliša i »kućanskih« poslova u životnom prostoru. Ako nema velikog znanstvenog opravdanja za slanje ljudi u svemir, možda bi se astronaute stvarno trebalo prestati slati u orbitu, jer mogu održavati i svoju kancelariju u znanstvenom centru na Zemlji, bez opasnosti da im se letjelica sruši, a s ušteđenim novcem financirati veći broj letjelica bez ljudske posade i velik broj novih istraživačkih projekata.



SVEMIRSKA ISTRAŽIVANJA TREBA POJEDNOSTAVITI: Čemu služi beskrajno obiljetanje ljudi oko Zemlje