

Ni več **znanosti** posa

SIEGFRIED GROSSMANN, teoretični fizik



(Igor Napast)

MARJAN LOGAR

V začetku decembra lani je na Univerzi v Mariboru potekal 9. božični simpozij slovenskih fizikov v organizaciji Centra za uporabno matematiko in teoretično fiziko (CAMTP). Namen srečanja je strokovno druženje slovenskih fizikov, k aktivni udeležbi pa povabijo nekatere ugledne goste iz tujine. Letošnje srečanje je bilo posvečeno prof. Siegfriedu Grossmannu z Univerze v Marburgu ob Lahni ob njegovi 80-letnici. Na božičnem simpoziju v Mariboru je Grossmann ves čas aktivno sodeloval.

Siegfried Grossmann je eden največjih teoretičnih fizikov 20. in 21. stoletja v svetovnem okviru. Njegovo znanstveno delo obsega številna področja, ki jih je obravnaval v več kot 240 znanstvenih člankih. Je avtor več učbenikov in ima številne svetovalne funkcije v Nemčiji. Veliko je naredil tudi za fiziko v Sloveniji, za kar mu je leta 2005 takratni župan Boris Sovič podelil pečat mesta Maribor.

Vaše znanstveno delo obsega številna področja fizike, kot so jedrska fizika, splošna statistična fizika, transportna teorija, nelinearna dinamika, mehanika tekočin in teorija turbulence, fazni prehodi, laserska fizika in še kaj. Kako bi na kratko in preprosto opisali nekatera od njih?

“Začniva s transportno teorijo. V vsakdanjem življenju se velikokrat srečamo s prenosom toplote. Ko ogrevamo prostor, v katerem živimo, zunaj pa je mrzlo, skozi stene teče toplotni tok. Seveda želimo ta tok preprečiti in toploto obdržati v prostoru, da ne bi izgubljali preveč dragocene energije. Zato moramo poznati in preučiti ustrezne procese, v tem primeru prenos toplote. Ti procesi so odvisni od molekul in njihove strukture v dani snovi. Pri tem je zelo pomembna mejna plast med trdno steno in okolnim zrakom. Zaradi gibanja zraka se prenos toplote poveča. Upadanje temperature skozi steno od znotraj proti zunanosti je bolj strmo, ker zrak odnaša toploto. To poveča njen pretok - in s tem izgube - skozi steno. Preučiti je treba upadanje temperature in prenos toplote v okolnem zraku pa difuzijo molekul, saj so interakcije med molekulami odgovorne za prenos različnih lastnosti. To določa primerne snovi za izolacijo sten. Zmanjšanje toplotnih izgub pa pomeni ohranjanje toplote in cenejše vzdrževanje temperature v prostoru.”

S tega področja - transportne teorije in obravnave realnih plinov - je tudi eden vaših prvih znanstvenih uspehov.

“Gre za tako imenovani Boltzmannov izrek H ali H-teorem. (Ludwig Boltzmann je bil učenec slovenskega fizika Jožefa Stefana in je po Stefanovi smrti l. 1893 prevzel njegovo mesto na dunajski univerzi, op. p.) Ta obravnava znamenito transportno enačbo za realne pline na osnovi interakcij

med molekulami in njihovo približevanje ravnovesnemu stanju. Rezultat v ravnovesnem stanju pa ustreza enačbi idealnih plinov, kjer teh interakcij ni. V Boltzmannovi enačbi je nedoslednost, saj ni upošteval vseh interakcij med molekulami, s tem pa je izgubil prav tiste odločilne za ravnovesno stanje. Nikoli pa nisem ugotovil, ali se je Boltzmann zavedal teh pomanjkljivosti pri svojem delu. A četudi bi jih poznal, bi težko našel rešitev v okviru klasične fizike. Meni je uspelo z uporabo kvantne mehanike, ki se je razvila šele kasneje.”

S čim ste se ukvarjali na področju jedrske fizike?

“Že dolgo je poznano, da prevelika atomska jedra, ki vsebujejo veliko protonov in nevtronov, niso stabilna. To je vzrok, da je - preprosto povedano - jedro uranovega atoma največje. Večjih jeder, ki bi bila stabilna, nismo pričakovali. Sedaj vemo, da je še nekaj večjih in stabilnih. Zakaj? Stabilnost jeder ni odvisna le od elektrostatskih, coulombskih sil, ki v jedru delujejo odbojno med pozitivno nabitimi protoni. Če bi bilo le 92 protonov, kot jih je v uranovem jedru, bi se takoj razleteli. Poleg protonov so v jedru še nevtroni, celo več jih je kot protonov. Protoni in nevtroni pa se medsebojno privlačijo z zelo zelo močno silo, ki uravnovesi odbojno silo med protoni, kar drži jedro skupaj. Zaradi tako imenovanega jedrskega lupinskega efekta so nekatera jedra z določenim številom protonov in z določenim številom nevtronov nadpovprečno močno vezana. Pravimo, da imajo veliko vezavno energijo. Druga jedra z le malo drugačnim številom nevtronov ali protonov imajo precej manjšo, kar je odvisno od zgradbe jedra. Ta pojav omogoča, da bi tudi jedra z več kot 92 protoni, torej večja od uranovega, lahko bila obstojna, če bi dodatne sile zaradi lupinskega efekta uravnovesile odboj med protoni. To so raziskovali v Darmstadtu v GSI - Družbi za raziskovanje težkih ionov, k čemur smo prispevali s študijem razpadnih produktov. Ti so manjša jedra, ki nastanejo iz večjih in nestabilnih jeder zaradi odbojnih sil. Nastanek razpadnih produktov lahko ponazorimo s prisposodo nekoga na vrhu gore, kjer pa ne more ostati zaradi nestabilnosti in se mora odpraviti dol. Seveda lahko gre dol po različnih poteh in pride v dolino prej ali kasneje, odvisno od globine dolin in višine hribov med njimi. Takšen relief ponazarja velikost vezavne energije glede na strukturo atomskega jedra in kakšna jedra - kakšne razpadne produkte - dobimo glede na različne možne poti v dolino. Ta pojav, fisijo, smo veliko preučevali. Jedrski lupinski efekt pri stabilnih jedrih določa vezavno energijo jeder z določeno strukturo protonov in nevtronov, ki so znana kot magična jedra.”

Veliko ste se ukvarjali tudi z različnimi temami nelinearne dinamike.

“Nelinearna dinamika je področje z zanimivo zgodovino. Veliko je

mehanskih sistemov, za katere je značilna nelinearnost sil. Kaj to pomeni? Pravzaprav je lažje opisati linearnost, ki pa pomeni sorazmernost ali ji je enakovredna. Če denimo vlečemo vrh hitreje ali močneje, so tudi posledice tega hitreje ali močnejše, torej sorazmerne. Ali če imate v banki recimo 1000 evrov, dobite določene obresti, za 2000 evrov dobite dvakrat tolikšne obresti. Linearnost in sorazmernost sta do neke stopnje isto. Če se neki sistem ravna po linearnih zakonih gibanja, kot denimo, ko na vzmet obesimo telo, se vzmet raztegne in telo zaniha gor in dol. Sila na telo se veča z raztežkom vzmeti. Če pa vzmet preveč raztegnemo, se atomska struktura v njej poruši in pri podvojenem raztežku sila ni več podvojena, ni več linearnosti. Prav tako nam banka za vlogo milijarde evrov ne bo mogla dati sorazmerno enako obresti kot za le 1000 evrov. Situacija postane nelinearna. Nelinearnosti pri silah so običajne, celo zelo pogoste - privlačna sila med dvema telesoma po Newtonovem zakonu se z njuno naraščajočo oddaljenostjo manjša, celo kvadratno, torej nelinearno. V resnici je linearnost bolj naključje in velja v manjšem obsegu. To so nekateri znanstveniki v preteklosti že poznali. Eden med njimi, Jules Henri Poincaré (1854-1912), francoski matematik, fizik in astronom, je vedel, kako nelinearnost vpliva na mehansko gibanje, denimo Zemlje okoli Sonca. Običajno pravimo, da se giblje Zemlja okoli Sonca po elipsi, podobno tudi preostali planeti. Vendar Sonce in, denimo, en planet nista sama. So še preostali, ti pa z dodatnimi silami delajo sistem nelinearen. Zato orbite planetov niso več elipse, kot se izkaže po določenem času. Njihovo spreminjanje podamo z nečim, kar določa značaj in jakost nelinearnosti in vodi k nestabilnosti določene orbite. To pomeni, če bi denimo opazovali tir planeta, nato pa bi neki začetni pogoj za malenkost spremenili, bi se to odstopanje od prvotnega tira s časom eksponentno večalo, kar podamo s tako imenovanim eksponentom Lyapunova. Torej, zaradi nelinearnosti, ki vodi k nestabilnosti, bi razlika med dvema tiroma, ki bi bila v začetku zelo majhna, čez čas zelo narasla. Preprost primer: če bi bila ta razlika v nekem trenutku, recimo, 1 mm, in se v nekem časovnem koraku, recimo v eni minuti, ta razdalja podvoji, se trenutna vrednost podvoji v vsakem naslednjem koraku. Tako začetna razlika 1 mm po prvem koraku, eni minuti, naraste na 2 mm, po drugem koraku na 4 mm, po desetem koraku na preko 1000 mm, po nadaljnjih desetih korakih na kilometer. Razlika močno divergira, kar se dogaja bolj ali manj pri večini fizikalnih nelinearnih sistemov.”

To sodi že v področje kaosa. Veljate za soustvarjalca teorije o kaosu, saj ste pomembne prispevke objavili že v 70. letih.

“Da. In najbolj zabavno je, da je nelinearnost povezana s tem, kar smo takrat poimenovali in se danes imenuje kaos. To je gibanje mehanskih pa tudi drugih sistemov, ki jih

mezne dežele

najdemo v fiziki, matematiki, biologiji, ekonomiji, sociologiji in drugod, za katere sta značilni nepravilnost in neponovljivost poteka. Dva poteka, ki se v začetku le malo razlikujeta, se kasneje povsem drugače razvijata, ker imata pozitiven Lyapunovov eksponent.“

Sem sodi tudi napovedovanje vremena.

“Da, napovedovanje vremena je zanimiv primer tega. Za to je treba meriti predvsem temperaturo in tlak v določenih točkah, denimo v Mariboru in Ljubljani z določeno medsebojno razdaljo. A poznamo le povprečne vrednosti na določenem območju, to pa povzroča nenatančnost poznavanja pravih začetnih pogojev. Če bi rešili enačbo za potek vremena, bi ta že omenjeni pozitivni Lyapunovov eksponent povzročil, da bi se vreme razvilo povsem drugače, kot bi pričakovali skladno z rešitvijo enačbe. To bi bila posledica nelinearnosti enačb za gibanje zraka ter porazdelitve temperature in tlaka zraka, kar neizogibno vodi k omejitvi časa veljavnosti vremenske napovedi. Lyapunovov eksponent je možno določiti za preproste razmere, ki pa, seveda glede na globalno vremensko strukturo, trajajo le nekaj dni. Zato lahko dandanes vreme zanesljivo napovemo le za dan ali dva, odvisno od vremenske situacije - v nevihtnem času celo manj, v normalnih situacijah pa kar dobro tudi za dva do tri dni. Če pa skušamo napovedati vreme za teden dni ali več, smo preko Lyapunovovega časa in zelo verjetno je, da bo vreme povsem drugačno.

To je stvar nelinearnosti, namreč da majhna odstopanja v začetnih pogojih neizogibno vodijo k povsem drugačnemu poteku od predvidenega. Čeprav so to že pred več kot sto leti spoznali Poincaré in še nekaj drugih znanstvenikov, pa širša znanstvena javnost ni dojela pomena tega. Običajno so na univerzah poučevali metode, kjer so mehanske sisteme poenostavljali, linearizirali. Ob proučevanju nekaterih pojavov v drugi polovici minulega stoletja so odkrili kaotičnost, a ljudje niso verjeli, kar so izmerili, saj se jim je zdelo preveč čudno. Kasneje smo odkrili nekakšne zakonitosti kot strukturo podvojitvene periode. Pri določenih začetnih pogojih res nastane periodično gibanje, a najmanjša njihova deviacija da nekaj povsem drugega. Takšna gibanja imajo lastnost, da s povečanjem nelinearnosti gibanje z določeno periodo preide v gibanje s podvojeno periodo. Z nadaljnjim povečevanjem nelinearnosti se perioda spet podvoji in šele zaporedno ponavljanje podvojitvev period pripelje do povsem kaotičnega gibanja. Ta zaporedja so odkrili eksperimentalno, kar je prepričalo znanstvenike, da nelinearnosti v resnici igrajo takšno vlogo. To se dogaja v tekočinah, to najdemo pri kemijskih reakcijah, v bioloških in akustičnih sistemih, torej v sistemih, za katere vemo, da so nelinearni. Čeprav so ta spoznanja

šele iz druge polovice ali zadnje četrtine prejšnjega stoletja, so medtem postala standardna.“

Veliko ste preučevali tudi turbulenco. Vaša dela o njej sodijo med klasično literaturo tega področja.

“Drži. Turbulenca se pojavi pri pretakanju tekočin po ceveh, na primer pri transportu nafte ali mleka in vode. Običajno si želimo po ceveh laminaren tok, ki je gladek in časovno neodvisen, nespremenljiv. Po ceveh steče največ snovi, dokler je tok laminaren. Z izgradnjo daljših naftovodov pa so presenečeni spoznali, da steče skozi cevi precej manj nafte, kot so načrtovali. Krivo je bilo, da je tok postal turbulenten, vrtinčen. To je množica majhnih nepravilnih gibanj, ki jih lahko vidite denimo za velikim tovornjakom na ulici, ko se za njim po zraku vrtinčijo prah, papir in vse drugo. Če tok skozi cev postane turbulenten, upor proti toku zaradi stene dramatično naraste in pretok se zmanjša. Da to pomanjkljivost odpravite, lahko povečate presek cevi, a ne preveč, ker to povzroči nestabilnosti in z njimi pojav turbulence. Turbulenca je časovno odvisno gibanje, ko tekočina ne teče gladko vzdolž cevi, in ga sestavljajo vrtinčni tokovi, večji in manjši ter še manjši in še manjši vrtinci. Ko ti vrtinci postanejo premajhni in se zgladijo, gibanje postane laminarno. Molekularna viskoznost drži skupaj tok, ki ga ni mogoče razbiti na manjše dele. Vrtinčni tokovi prenašajo tudi energijo, ki jo morate dovajati v sistem. Kam gre ta energija? Prenaša se od večjih vrtincev na vse manjše in manjše, dokler se na koncu ne spremeni v toploto. Tekočina se s tem segreva, res da ne prav opazno, a to energijo morate dovajati, če poganjate turbulentni tok. Zato se mu je bolje izogniti.“

Turbulenca se pojavlja tudi pri letalih.

“Enako velja za letala. Gibljejo se skozi zrak, ob tem pa se vedno pojavlja turbulenca. Njenemu pojavu se želijo čim bolj izogniti. V ta namen letalska krila perforirajo. Skozi številne majhne luknjice na krilu odvedejo del zunanega zraka v notranjost. Mejna plast zraka ob krilu ostane dlje laminarna, kar zmanjša upor letalu in porabo goriva. Zato je polet cenejši in uporabnost tega spoznanja zelo praktična.“

Katere svoje dosežke štejete za najpomembnejše ali najbolj zanimive?

“Težko vprašanje. Velik vpliv je imelo odkritje podvojitve periode nelinearnih sistemov leta 1977. Zelo pomembno se mi zdi odkritje v transportni teoriji, ki transport pojasnjuje z ravnovesnimi lastnostmi, upoštevajoč gibanje delcev, ki so ga poprej zanemarili. Stvar ni preprosta, vem, saj sem jo večkrat skušal razlagati študentom, je pa zanimiv korak naprej na tem področju. Zanimivo je tudi povečanje fluktuacij laserskega polja ob vklopu laserja ali razlaga prenosa toplote skozi turbulentni zrak. Spet druga stvar, in to je

“
Vedno je precej več pomembnih prispevkov k znanosti, kot je nagrad na razpolago

“

danes standardna metoda, je izračun tako imenovanih razpadnih kanalov fisiskih razpadov atomskih jeder kot posledica lupinskega efekta.“

Svojega prispevka o delovanju laserjev z uporabo nelinearne dinamike še niste omenili. “Res je, a bilo bi preveč.“

Pri svojem raziskovalnem delu ste močno povezani tudi s Slovenijo. Kaj obsega to delo? Kaj menite o slovenskem raziskovalnem delu in njegovi vlogi v znanstvenem svetu?

“Moje mnenje je seveda subjektivno. Lahko ocenim to, pri čemer sodelujem ali sem sodeloval. S prof. Robnikom in CAMTP sem sodeloval pri proučevanju nivojskih porazdelitev naključnih matrik, s čimer se on veliko ukvarja. Nekaj člankov s tega področja sva napisala in objavila skupaj. Druga pomembna stvar je božični simpozij fizikov, ki lepo prikaže široko in pestro področje delovanja slovenskih fizikov. To sega od teorij naključnih matrik do mikrovalovnega sipanja, kjer sodelujeta nemški kolega prof. Stockmann in prof. Robnik, od jedrske fizike in fizike osnovnih delcev do teorije polja in nelinearne fizike. Zdi se mi, da se tudi slovenski fiziki ukvarjajo bolj ali manj z vsemi zanimivimi fizikalnimi področji in prispevajo odkritja. Iz objav vidimo, da je z njimi in med njimi veliko sodelovanja. To je lepo razvidno zaradi delavnosti in dejavnosti CAMTP pod vodstvom prof. Robnika, ki organizira konference, poletne šole, božične simpozije ter še druge aktivnosti skupaj z japonskimi znanstveniki, kar vodi slovenske znanstvenike k številnim sodelovanjem s tujimi. Mislim, da je še posebno v fiziki, verjetno pa tudi v drugih znanostih, že toliko mednarodnega sodelovanja, da ni več smiselno govoriti o znanosti posamezne dežele.“

Ste prejemnik številnih priznanj in nagrad: Planckove medalje Nemškega fizikalnega društva (1995), potem najvišjega nemškega državnega priznanja ZRN (1996), ste član treh akademij znanosti, prejemnik častnega doktorata na Univerzi Duisburg-Essen. Kaj vam pomenijo ta priznanja?

“Nagrada seveda pomeni, da družba, kolegi ali drugi ljudje opazijo, kar delaš. Rezultate uporabijo in občutijo tvoj prispevek k razvoju znanosti, kar človeka veseli. Po drugi strani pa je toliko ljudi, ki veliko prispevajo, a ne dobijo nobenega priznanja. Ne dobi vsak Nobelove nagrade. Običajno odbori, ki odločajo o nagradah, izjavljajo, češ, ne moremo biti prepričani, da najdemo vse, ki bi bili upravičeni prejeti nagrado, moramo pa biti prepričani, da bo vsak, ki jo prejme, upravičen jo prejeti. To poznam z obeh strani, saj sem bil član takšnih odborov. Vedno je precej več pomembnih prispevkov k znanosti, kot je nagrad na razpolago. Nobelova nagrada je le ena na leto, to pa ni prav veliko v primerjavi s številom ljudi, ki delajo na mnogih področ-

jih. In veliko je bilo pomembnih prispevkov, ki niso bili nikoli počaščeni z Nobelovim priznanjem. Bilo bi pa slabo, če bi bila Nobelova nagrada podeljena nekomu, ki je ne bi bil vreden. Sam imam nekaj nagrad in sem izvoljen član treh akademij: Berlinsko-brandenburške akademije znanosti, Nemške akademije znanosti Leopoldina (prva akademija naravoslovnih znanosti na svetu, ustanovljena leta 1652 v Schweinfurtu, sedaj ima sedež v Halleju) in tudi član Evropske akademije znanosti in umetnosti s sedežem v Salzburgu.“

Ali je še kakšno raziskovalno področje, ki ste si ga vedno želeli spoznati, pa ni bilo prave priložnosti?

“(Smeh.) Seveda, zagotovo. Toliko je področij, a povsod ne moreš biti. Nekaj, česar se res nikoli nisem dotaknil pri svojem raziskovalnem delu, je astrofizika. Je zelo zanimivo področje, z velikim napredkom v zadnjem času, a zanj nikoli nisem imel časa. Vsebina znanstvenega dela se razvija pod določenimi stranskimi pogoji. Vsak nov doktorski študent, ki želi disertacijo pripravljati pod vašim nadzorom, pomeni, da se morate odločiti, katera tema je koristna, se izplača in je izvedljiva, recimo, v predvidenem času. Ne moreš od nekoga zahtevati rešitve pretežkega problema, saj mu lahko povsem spodleti in tako mlademu človeku uničiš življenje. Obstajata mora verjetnost za rešitev problema v omejenem času. Ko se odločiš, se moraš zavedati novih vidikov, zanimivih novih vprašanj, rešljivih v razumnem času, kar pa zahteva veliko izkušnje na področju. Zato se držiš določenih področij in ne moreš kar preskakovati iz enega v drugo. Če bi bil sam, bi šlo, a kot univerzitetni profesor nikoli nisem bil sam. Vedno sem imel veliko študentov. Zato je bila hitrost menjavanja področij omejena s temi stranskimi pogoji. Res sem jih zamenjal veliko, kot vidite. To je bilo mogoče, ker sem teoretični fizik. Če bi bil eksperimentalni fizik, to ne bi bilo mogoče zaradi potrebne infrastrukture in naprav, kar pa veliko stane. Ne moreš kar zapustiti nekoga in oditi drugam. Teoretičnemu fiziku je lažje. Zato sem naredil veliko zamenjav, a nikoli velikega koraka proti astrofiziki.“

Kaj je v človeku, kar ga vleče v raziskovanje? Je to nekaj elementarnega?

“Mislim, da je to nekaj res elementarnega v človeku. To imaš ali pa tega nimaš. Če imaš problem in ne poznaš odgovora niti ti niti kdorkoli drug, potem razmišljaš o njem in ga iščeš. Ko ga najdeš, je to veliko zadovoljstvo, ki se ga ne moreš naučiti. Tako je pri vseh raziskavah, ne le v fiziki. Vse velike znanstvenike, kot so bili Gauss, Maxwell ali Faraday, je gnala le radovednost ugotoviti, kako kaj poteka, in to razložiti. Bili so srečni in ponosni, ko so našli odgovore, ko so stvari razumeli. To daje veliko zadovoljstva in je elementarno. Elementarno kot lakota, mislim.“ ■