



Svetloba pri potovanju skozi prostor prej ali slej trči ob predmet, ta pa se v nasprotju z intuitivnim razmišljanjem na trk odzove.

FOTO SHUTTERSTOCK

Svetloba obarva svet, a ga tudi premika

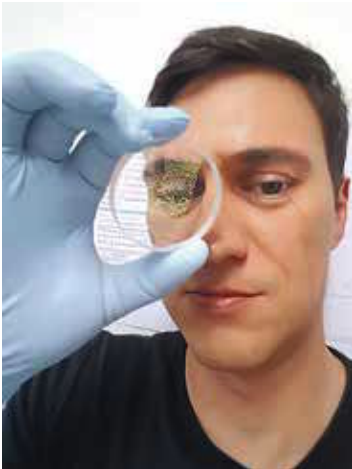
Eksperiment slovenskih znanstvenikov *Prisluhnili so odmevu svetlobe na zrcalu in izmerili sile, ki so pri tem nastale*

Če vzamemo zalet in se z vso silo zaletimo v zid, bomo še kako občutili, da se je z nasprotno enako silo v nas zaletel tudi zid. Tretji Newtonov zakon, saj se spomnimo, mar ne? A te predstave brž postanejo precej manj jasne, ko enega od trkajočih predmetov zamenja svetloba. Ta namreč pri potovanju skozi prostor prej ali slej trči ob kak predmet, ki se na trk odzove.

DARE HRIBERŠEK

Nemški astronom Johannes Kepler je že na začetku 17. stoletja razmišljal o tem, da Sonce oziroma njegova svetloba povzroča neko silo na predmete, ob katere trči. In da je prav ta svetlobni tlak kriv za to, da imajo kometi dva repa in da sta vedno usmerjena proč od Sonca. Škot James Clerk Maxwell je leta 1873 prvi zapisal, da je svetloba elektromagnetno valovanje, ki pa s seboj nosi tudi svojo gibalno količino, to je sposobnost povzročiti gibanje, čeprav so njegovi nosilci fotoni brez mase.

Danes vemo, da se ob takim trku na snov prenese energija, poleg nje pa še gibalna količina, če se telo premakne, in vrtilna količina, če se zavrti. Prav tako vemo, kolikšna je skupna sila, ki deluje



»Svetloba pusti prstni odtis, ko se od česa odbije. In temu prstnemu odtisu se da akustično prisluhniti in ga izmeriti. Podobno kot to počnejo v medicini z diagnostičnim ultrazvokom.«

Tomaž Požar
Fakulteta za strojništvo

na snov, ne pa tudi, kako so sile razporejene po njej. Sto petdeset let po Maxwellovih dognanjih so sodobni laboratoriji dovolj opremljeni, da je vse to mogoče izmeriti. Ker je gibalna količina svetlobe tako majhna, je za njeno merjenje potrebna zelo občutljiva oprema, ki prej še ni bila na voljo.

Zrcalce, zrcalce na steni, povej ...

Prav te naloge, torej, kako so sile ob trku svetlobe s snovjo razporejene po materialu, so se lotili raziskovalci Tomaž Požar, Jernej Laloš, Aleš Babnik in Rok Petkovšek z ljubljanske fakultete za strojništvo, v sodelovanju s še tremi znanstvenimi ustanovami iz Kanade in Brazilije.

Interakcijo svetlobe s trdno snovjo z vidika prenosa gibalne količine so merili s posebnim zrcalom, opremljenim z akustičnimi tipali in izoliranim, da so zunanje motnje kar najmanj vplivale na rezultate. Ker gibalne količine svetlobe ni mogoče izmeriti neposredno, so z laserskimi pulzi obstreljevali površino zrcala in prisluškovali elastičnim valovom, ki so nastali ob trku in potovali po površini in notranjosti zrcala.

Ob trku svetlobe v mirujoč predmet se po njegovi površini sprožijo koncentrični valovi,

podobni tistim, ki jih povzroči kamenček, ko ga vržemo v ribnik, oziroma po obliki še bolj podobni tistim, ki nastanejo pri trku kometa z Zemljo, saj je valovanje v trdninah še bolj raznoliko kot v kapljevinah. Zrcalo so v poskusu uporabili zato, ker v nasprotju z drugimi snovmi, ki svetlobo delno

Trk svetlobe na površini predmeta sproži koncentrične valove, podobno kot kamenček, ki pade v vodo.

absorbirajo, skoraj vso odbije nazaj v prostor in se pri tem le zanemarljivo segreje.

Več teorij, nobena preverjena

Za kako nepredstavljivo majhne učinke gre, ponazori podatek, da je vsak laserski blisk trajal samo nekaj milijardink sekunde, ob trku svetlobe v zrcalo pa so atomi v njem zanihali za manj kot stotinko svojega premera. Z merjenjem teh premikov so znanstveniki ugotovili, kako se gibalna količina, ki jo s sabo nosi svetloba, prenese na trdno snov. O tem sicer obstajajo različne hipoteze oziroma klasične

teorije elektromagnetizma, od katerih vsaka govori o drugačni razporeditvi optičnih sil, ki ob trku svetlobe v trdno snov povzročijo različne odzive v obliki valov.

Prav to je bil eden ključnih motivov za eksperiment, pravi vodja raziskave Tomaž Požar: »Maxwell je svoja prvotna dognanja objavil pred skoraj 150 leti in čas je, da izmed sodobnih različic klasične teorije elektromagnetizma končno izberemo tisto, ki najbolje opiše eksperimentalna opažanja. Vsi ti formalizmi, ki govorijo o tem, kako se energija, gibalna in vrtilna količina prenašajo iz svetlobe na snov in obratno – obstaja vsaj pet takih, ki jih pogosto uporabljamo – so skladni z Maxwellom in vsi ponudijo enako skupno silo, ki deluje na objekt. Razlikujejo se le v porazdelitvi teh sil v času in prostoru. In mi smo bili prvi, ki nam je z zaznavanjem elastičnih valov uspelo izmeriti to porazdelitev.«

Elastični valovi, ki jih trk svetlobe povzroči, so namreč različni za različne formalizme. In če znamo valove izmeriti, dobimo razlago, kako svetloba vpliva na snov. Kot pravi Požar: »Svetloba pusti prstni odtis, ko se od česa odbije. Temu prstnemu odtisu se da akustično prisluhniti in ga izmeriti. Podobno kot počnejo v medicini z diagnostičnim ultrazvokom.«

Svetlobna pinceta

Kaj pa praktična uporaba njihovega poskusa? En tak primer je miniaturna optična pinceta, s katero lahko ob pomoči gibalne količine svetlobe premikamo majhne predmete, ki jih, denimo, opazujemo pod mikroskopom. Postopek premikanja objektov z

Ob trku svetlobe v zrcalo so atomi v njem zanihali za manj kot stotinko svojega premera.

optično pinceto je znan že nekaj časa, podroben opis deformacij in vibracij teh predmetov, ki jih pri premikanju povzroči svetloba, pa še nima ustreznega konsenza.

Primerov je še kar nekaj; dognanja raziskave bodo lahko s pridom uporabili pri uporabi laserjev v medicini. Za zdaj so zadovoljni, da so oblikovali celotno metodo, ki bo omogočala nadaljnje raziskave. Da gre za res veliko reč, priča tudi veliko zanimanje znanstvene skupnosti, potem ko je bil članek o raziskavi objavljen v ugledni znanstveni reviji *Nature Communications*.

Solarno jadro

Zanimiv primer uporabe gibalne količine svetlobe je solarno oziroma fotonsko jadro, ki ga bomo morda nekoč uporabljali za potovanje v globine vesolja. Gre za jadro v klasičnem pomenu besede, narejeno iz ultralahkega materiala, v katero se namesto vetra z gibalno količino fotonov (svetlobnih paketkov) upira sončna svetloba, še raje pa usmerjen laserski žarek, ki plovilo z majhnim pospeškom, a vztrajno poganja naprej, teoretično vse do bližnje svetlobne hitrosti. Prednost takega vesoljskega plovila je, da je preprosto in predvsem zelo lahko, saj s seboj ne nosi težkega pogonskega sklopa, kakršnega imajo sedanja vesoljska vozila. Solarno jadro uporablja učinek, ki je tudi sicer v vesolju opazen in izmerljiv, saj radiacijski tlak svetlobe deluje tudi na današnje rakete. Zato ga pri izračunavanju trajektorije vesoljskega plovila vestno upoštevajo, v nasprotnem primeru bi to svoj cilj lahko zgrešilo za tisoče kilometrov.

Laboratorij

Bliža se noč raziskovalcev

Čez teden dni se bo tudi Slovenija pridružila Evropski noči raziskovalcev. Osrednji namen je popularizirati poklic raziskovalca, znanstvenika in ga približati širši javnosti, zlasti mladim. Prihodnji petek se bodo tako v več kot 340 mestih po Evropi vrstili številni dogodki na temo raziskovanja in inovacij. V Sloveniji pri prireditvi sodelujejo Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani s projektom Humanistika, to si ti!, konzorcij partnerjev Ustanova Hiša eksperimentov, Institut Jožef Stefan, Kemijski inštitut in Teh-

niški muzej s projektom Noč ima svojo moč ter konzorcij partnerjev Univerza v Mariboru, Univerza na Primorskem in Gimnazija Franca Miklošiča Ljutomer s projektom Varni z znanostjo. Projekt Humanistika, to si ti! združuje 14 fakultet ljubljanske univerze in poudarja pomen povezovanja med članicami in refleksijo prostora, v katerem ta izobraževalna ustanova deluje. Dogodki bodo tudi uvod v praznovanje stoletnice univerze, pri katerem bo poudarek na svobodi mišljenja, vlogi znanja v razvoju sodobne družbe ter refleksiji družbene resničnosti. Po besedah dekana Filozofske fakul-

tete Romana Kuharja je namen njihovega projekta opozoriti na pomen raziskovanja v družboslovju in humanistiki ter na drugih področjih, ki jih bodo predstavile sodelujoče fakultete. Cilj projekta Varni z znanostjo je približati znanost in poklic znanstvenika širši javnosti ter spodbuditi mlade, da se za takšno pot odločijo tudi sami. Dogodki pod skupnim imenom Noč ima svojo moč, ki bodo potekali v 18 krajih po Sloveniji, pa javnost ozavešajo o delu raziskovalcev ter sporočajo, da lahko vsak postane raziskovalec. **R. Z.**

Osam delamo krivico

Čebele imamo radi, ose pa sovražimo, je pokazala anketa, ki so jo opravili na Univerzitetnem kolidžu v Londonu. Raziskovalci so opozorili, da je to nepravilno do os, saj imajo ekološko enako vlogo kot čebele. Obe vrsti sta opraševalki, ose pa poleg tega še plenijo druge žuželke in so tako nadzornice škodljivcev v vrtovih in na poljih. V raziskavi je sodelovalo 748 ljudi iz 46 držav, ki so žuželke ocenje-



vali z lestvico od minus pet do plus pet. Večina je čebelarom dala pozitivno oceno tri ali več, ose pa ocenila z minus tri ali še slabše. Anketiranci so čebele opisali z besedami, kot sta cvetlice in opraševanje, prve asociacije na ose pa so bile pik, nadležnost in nevarnost. V anketi so spraševali tudi za mnenje o metuljih in muhah. Do metuljev pričakovano gojimo pozitivna čustva, medtem ko muhe prav tako povezujemo z nadležnostjo in umazanijo. »S čebelarji že dolgo živimo v sožitju, nekatere vrste smo udomačili, odnos med človekom in oso pa je pogosto neprijeten, ker gnezdiijo v

naših domovih in nam velikokrat pokvarijo piknik.« je poudarila avtorica študije Seirian Sumner z omenjene fakultete. »Spremeniti moramo negativno podobo, ki jo imajo ose, da ne bomo ob ekološke koristi, ki jih imajo za naš planet. Ogrožene so kot čebele, in tega si ne moremo privoščiti.« Tudi ose so na udaru zaradi izgube naravnega habitata in podnebnih sprememb. »Zaskrbljenost zaradi upadanja opraševalcev se kaže v velikem zanimanju in podpori čebelarom. Odlično bi bilo, da bi se to preslikalo še na ose, toda potrebovali bi kulturni preobrat.« je dodal soavtor študije Alessandro Cini s firenške univerze. Po njegovem bi lahko znanstveniki naredili prvi korak, da bi bolj cenili ose, in sicer z raziskavami o njihovi ekonomski vrednosti, tako da bi ljudje vedeli, kako pomembne so te živali. **S. S.**

Žuželke prenašajo mikroplastiko

Leteče žuželke lahko iz vode na kopno prenesejo mikroplastiko in tako onesnažijo nove

dele planeta in ogrožajo ptice in druge živali, ki se prehranjujejo z njimi. Znanstveniki so ličinke komarjev, ki živijo v vodi, hranili z mikroplastiko. Ugotovili so, da delci ostanejo v telesu tudi, ko se ličinka prelevi v odraslo letečo žival. »Šokantno je spoznanje, da plastika onesnažuje skoraj vsak košček Zemlje,« je dejala Amanda Callaghan z britanske univerze v Readingu, ki je vodila raziskavo. »Veliko pozornost namenjamo plastiki, ki onesnažuje oceane, naša študija pa razkriva, da je tudi v ozračju.« Kako lahko mikropla-



stika škoduje živalim in človeku, še ni natančno znano, a dejstvo je, da so delci lahko toksični, na njih lahko živijo tudi bakterije. Mikroskopsko majhne delce plastike so našli v pitni vodi, morju, morskih živalih ... V raziskavi, objavljeni v reviji *Biology Letters*, ki jo povzema *Guardian*, so se osredotočili na navadnega hišnega komarja (*Culex pipiens*). Ličinke so lahko zaužile delce, velike 0,002 milimetra. Ličinke se prehranjujejo s filtriranjem vode in tako ne razlikujejo med plastiko in hrano. Jedo alge, ki so bolj ali manj enako velike kot delci mikroplastike, je razložila Callaghanova. V odraslih živalih je ostal velik delež zaužite plastike. Zdaj proučujejo, kako ta škoduje komarjem. Po mnenju Callaghanove je velika verjetnost, da plastične delce užijejo tudi druge žuželke, ki življenjski cikel začnejo v vodi. Njih nato pojedo ptice, netopirji in pajki. »Tako veliko plastike potuje po prehranjevalni verigi navzgor. To spoznanje človeka prav pobje. Ta plastika bo tu za zmeraj,« je dodala. **S. S.**

