

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 5 (1977/1978)

Številka 1

Strani 58-64, II, III

Ivan Kuščer:

ENAJSTA ŠOLA IZ FIZIKE. GIBANJE VODE IN ZRAKA

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/5/5-1-Kuscer.pdf>

© 1977 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

ENAJSTA ŠOLA IZ FIZIKE*

Kmalu pa se mi je razširilo obzorje od mesarjevih klad do enajste šole pod mostom; za dobrih sto korakov. Ob vročih poletnih dneh, ko Močilnik usahne, ko je temno Retovje skoraj prazno in ko mila zelena Ljubija sanja svoje tihe sanje globoko pod urbami, upade Ljubljanka za cel seženj in ošabna Vrhnica je samo še potok. Ves levi del struge je sam bel prod, od sonca spaljen. Takrat se prične enajsta šola pod mostom ter se neha ob prvih jesenskih nalivih. Mnogokaj sem študiral v svojem življenju, ali tako bogate in koristne učenosti, kakor jo daje svojim učencem enajsta šola pod mostom, nisem zadobil nikjer in nikoli. Kakšna čuda prečudna hrani ta goli, posušeni prod! Očem, ki jih iščejo, srcem, ki verujejo vanje, se kažejo čuda ob vsakem pogledu, ob vsakem koraku.

Ivan Cankar: Moje življenje

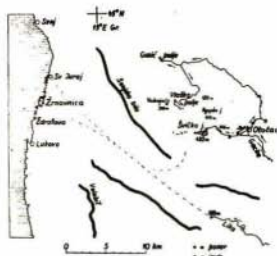
1. GIBANJE VODE IN ZRAKA

Vsak človek doživi svojo enajsto šolo in se je kasneje rad spomni. Moja se je začela na travniku pod Šmarjetno goro, kjer je po dežju iz krtovih lukenj izvirala voda. Za bosonoge fantiče ni bilo lepše igrače, kot z ilovico mašiti luknje in čakati, kje bo voda spet privrela na dan. Čeprav se nam ni sanjalo o kakih zakonih za gibanje vode po ceveh in čeprav za fiziko sploh še slišali nismo, se nam je vendarle zdelo, da pojav razumemo.

Kakih deset let kasneje se je igra ponovila v večjem merilu. S prijatelji sem se utaboril na morju, in sicer na srečo ravno tam, kjer prihajata podzemeljska Lika in Gacka na dan v velikem številu izvirov (Sl.1)** Nekaj jih je na sami obali, nekaj pa tudi na dnu morja. Ob suši so skoraj vsi izviri več ali manj slani, tudi tisti, ki izvirajo po več decimetrov ali še više nad

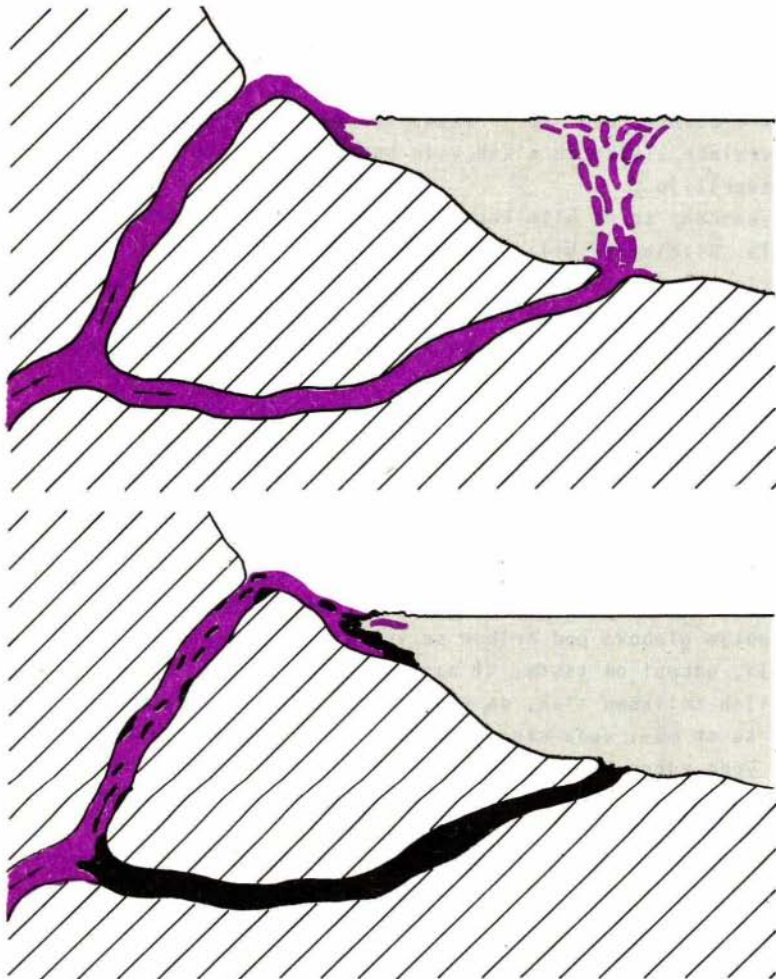
* Predavanje za mlade fizike, 5. maja 1977

** Slika glej



Sl. 1. Reki Lika in Gacka ter njun domnevni podzemeljski tok do izvirov pri Jurjevu.

Sl. 3. Sistem vrulje in izvira na obali. Zg.: ob veliki vodi vre studenčnica iz obeh odprtin. Sp.: ob suši se vrulja sprevrže v morski požiralnik; izvir na obali daje tedaj slanasto vodo.



morsko gladino. Včasih vsebuje tak izvir celo več kot 50% morske vode.

Stvar nam ni dala miru in smo začeli izvire na vse načine preiskovati. Izkazalo se je, da se njihova slanost spreminja s plimo in oseko, še bolj pa, ko ob deževju narastejo ali ob suši usihajo. Posebno so nas mikale vrulje - to so izviri na dnu morja, ki se na gladini vidijo kot nekakšna kolesa (Sl.2). Skupino močnih vrulj v zalivu pri Jurjevu, s katero smo se največ ukvarjali, imenujejo domačini Kola, medtem ko pravijo zalivu Na Koli-ma (= "pri kolesih").

S preprosto potapljaško opremo smo si ogledali, kako vre voda iz lukenj na dnu morja. Čeprav je voda čista, se zdi neprozorna, kot kak migetajoč dim. To je zato, ker se svetloba pri prehodu skozi vrtince sladke in slane vode neenakomerno lomi, tako da se žarki zveržijo.

Presenečenj še ni bilo konec. Lepega dne so Kola brez sledu izginila. Gladina je bila mirna, kot da vrulj nikoli ni bilo tam. Pod morjem smo ugotovili, da so se dovčerajšnje vrulje sprevrgle v morske požiralnike. Pol metra široko žrelo, ki je še prejšnji dan bruhalo steber mrzle studenčnice, je zdaj požiralo po kak hektoliter morja na sekundo.

Izviri na drugi strani zaliva so še isti dan izdali skrivnost te vode: čez noč so postali bolj slani. Zadnji dvom pa smo pregnali z barvanjem. Barvilo, ki smo ga dobili od jamarskega društva, smo spustili v morski požiralnik in potem čakali na drugi strani. Res se je čez 4 ure barva pokazala v obalnih izvirih, ki so bili potem zeleni še do naslednjega jutra.

Po vsem tem ni bilo več težko ugotoviti, kako vse skupaj deluje. Nekje globoko pod hribom se vodna žila, ki pelje k izvirom na obali, odcepi od tiste, ki napaja vrulje (Sl.3). Ob povodnji je v žilah tolikšen tlak, da vre iz vseh lukenj čista studenčnica. Ko se ob suši voda skoraj ustavi, pa ni ravnovesja. Težja morska voda vdere skozi žilo vrulje in izpodrine lažjo studenčnico prav do razvodja obeh žil. Tam se potlej meša morje s studenčnico.

Več letij smo vneto opazovali te izvire. Ne vem, ali je bila to geologija ali zemljepis ali fizika; vsakega nekaj smo se naučili. Všeč nam je bilo, da smo razvozlali uganko jurjevskih vrulj, čeprav je še marsikaj ostalo nerazrešenega. Saj je ob ju-

goslovanski obali na tisoče izvirov in najbrž na stotine morskih požiralnikov. Kdo ve, kako so med seboj povezani? Nihče tudi ne ve, kam zgineva voda, ki občasno teče v skalno razpoko pri Ičićih blizu Opatije, čeprav je bil ta morski požiralnik v literaturi opisan že pred sto leti.

Drobnih problemov je še in še. Inženir me je nekoč vprašal, koliko vode menim, da izvira iz posamezne vrulje. Ali se ne bi dalo to oceniti iz velikosti kolesa na gladini in iz globine dna? Nisem mu znal odgovoriti in še danes ne znam. Študent fizike, ki začinja z diplomskim delom, pa pravi, da bo to poskusil izračunati. Nemara mu bo uspelo, čeprav naloga ni lahka.

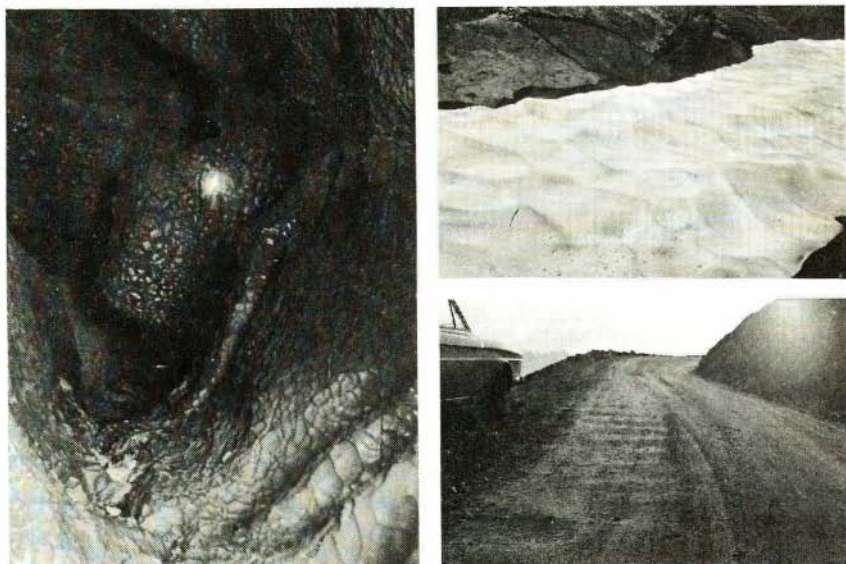
Tudi kadar se voda ne skriva pod zemljo, je njeno gibanje dostikrat zamotano in težko razumljivo. Rad postojim na mostu in se čudim vrtincem v reki, kako se vedno znova porajajo, se zaganjajo sem in tja in zginevajo. Povsod srečuje človek takšno vrtiličeno gibanje. Bral sem pa, da pojava nihče do konca ne razume, čeprav verjamemo, da je povsem določen z na videz preprostim Newtonovim zakonom $F = ma$.

Dim, ki se vije iz tovarniškega dimnika, in raznovrstne oblike oblakov nas prepričujejo, da tudi gibanje zraka ni nič manj zamotano. Včasih se različno vidijo posamezni vrtinci, če vzdigujejo sneg v hribih ali mivko v puščavi (Sliki 4).

Kdor je že hodil po Križni jami, se je gotovo ustavil ob stenah, ki jih je zlizala voda. Taka stena ni povsem gladka, ampak je polna plitvih vdolbin, s premerom po nekaj centimetrov. V planinah najdemo poleti na ostankih snežnih plazov čisto podobne vdolbine, le da so deset do dvajsetkrat večje (Slike 5). Značilno je, da se črna nesnaga iz zraka najraje nabira na robovih vdolbin, česar pa ne znam pojasniti.

Polovičarska razlaga za nastanek vdolbin je hitro pri roki. Obakrat imamo opravka s sledovi vrtincev ali pravzaprav z vzajemnim učinkovanjem. Vrtinci ližejo vdolbine in le-te pospešujejo nastanek vrtincev. Ne znamo pa povedati, zakaj so vdolbine na plazu večje kot v jami. Dokler tega ne znamo, se zdi razlaga še na trhlih nogah.

Vodi in zraku se pri klesanju teh vdolbin godi nemara podobno kot kamionu na cesti. Ker se kamion trese, koplje s kolesi luknje v tla, tako da sčasoma zapiše v cesto podobo svojega nihanja. Luknjasta cesta pa le še bolj vzbuja tresenje. Gotovo se cestni



Sl. 5. Vdolbine, ki jih naredijo vodni vrtinci na steni v jami (foto Marjan Richter), zračni vrtinci na ostanku snežnega plazu in avtomobili na cesti.

inženirji s problemom resno ukvarjajo in znajo o njem kaj več povedati. V sodelovanju s fizikom se bo nemara dala hkrati s cestarskim problemom razrešiti še skrivnost vdolbin na snežnem plazju in v Križni jami. V tem je fizika, da prepoznaš podobnost pojavov, ki so na videz čisto različni.

Ni treba dolgo iskati, da najdemo še kak soroden pojav. Pomislimo, kako vrtinci vetra vzdigujejo valove na morju! Saj valovi gotovo pomagajo vzbujaati vrtince. Dosti učenih razprav in lepih diferencialnih enačb so o tem ljudje že zapisali. V Sovjetski zvezi so celo zgradili velik laboratorij, v katerem s pihalniki burkajo vodo.

Kar naredita voda v Križni jami z raztapljanjem apnenca in zrak s topljenjem plazju, opravita lahko tudi s premikanjem peščenih zrn ali snežink. Kdor hodi pod morje, je gotovo že videl v miški na plitvem dnu nekakšne kodraste valove. Dogaja se, da se takšni kodrčki sčasoma strdijo in da jih pokrijejo druge plasti,

tako da so v veselje geologom, ki jih čez milijon let odkrijejo v skladih peščenjaka (Sl.6).

Prav podobne kodre oblikuje veter v puščavski mivki in v svežem snegu. Poleg drobnih kodrov pa najdemo tu tudi večje oblike, namreč v snegu zamete in v puščavi sipine. Zamet se rad naredi ob kakšni oviri, kjer zrak zastaja, tako da se snežinke sesedajo. Nastali zamet si sam naredi zavetrje in si s tem omogoča nadaljnjo rast in počasno napredovanje. Vprašanje je le, kako se spočnejo zameti ali sipine na ravnem, kjer ni ovir. Resnejše raziskovanje teh pojavov se je šele začelo.

Nenavadno skupino peščenih sipin najdemo v dolini reke Rio Grande v ZDA. Ravno dno široke doline je čez in čez puščavsko, vendar ga pokriva le tanka plast mivke. Samo v kotu pod hribi se je mivka nagrmadila visoko kot Šmarna gora in več kilometrov na široko (Sl.7). Z vetrom se te sipine le čisto malo selijo sem in tja, ne da bi se mivka razgubila po širni dolini. Ali je temu krivo bližnje sedlo med hribi?

Snežni zamet in puščavska sipina v svoji notranjosti nista povsem enakomerna. Ko vihar obrusi že sprijeti zamet, se v njem pokažejo plasti. Plasti niso enakomerno debele, tako da se vidi jo valovite črte, kot če bi jih začrtal otrok, ki še ne zna ri-



Sl. 8. Peščenjak, ki je nastal iz puščavskih sipin.

Sl. 10. Jamice v apnencu ob morski obali.

Sl. 13. Podobne oblike kot v snegu naredi veter tudi iz posušene blatne naplavine v puščavi.

sati vzporednic. Ravno takšne črte najdemo v posebnem peščenjaku, za katerega trdijo geologi, da je nastal iz strjenih puščavskih sipin (Sl.8).

Ko se pogovarjamo o medsebojnem učinkovanju vode ali zraka in trdne podlage, moramo pomisliti še na erozijo, to je na pojave razjedanja zemeljske površine. Na vsakem planinskem izletu se lahko čudimo oblikam, ki jih je v kamen izklesala voda. Škrape, ki jih zliže deževnica v apnenec, so vsakomur znane (Sl.9). Kemik bi najbrž znal povedati, kako hitro se apnenec topi in od česa je to odvisno. Zakaj voda ne liže enakomerno in od česa je odvisna širina škrap, pa s tem še ni pojasnjeno.

Še bolj nenavadne so oblike apnenčevih skal ob morski obali. Včasih je skala skoraj gladka, včasih pa hudo nazobčana. Ponekod sta dež ali morje izdolbila lične jamice, kot da bi kaplje venomer zadevale na ista mesta (Sl.10).

Tudi veter grize, ne samo voda. Zimski viharji v gorah obrusijo strjen sneg v prečudne oblike (Sl.11,12). Podobne umetnije dela veter v puščavi. Zlasti uspešen je s posušenim blatom, ki je kje preostalo od zadnjega deževja (Sl.13).

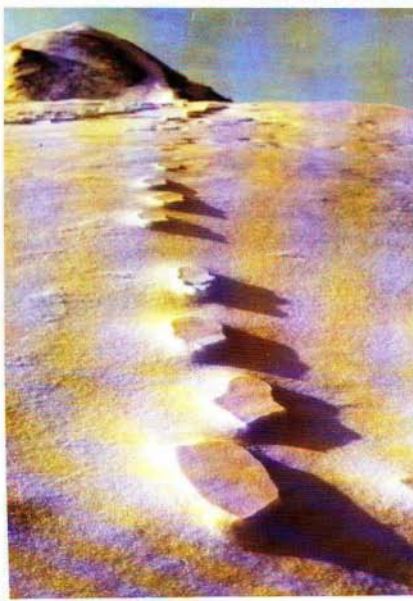
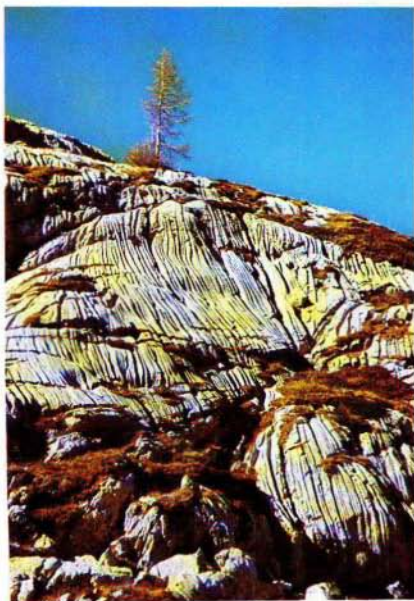
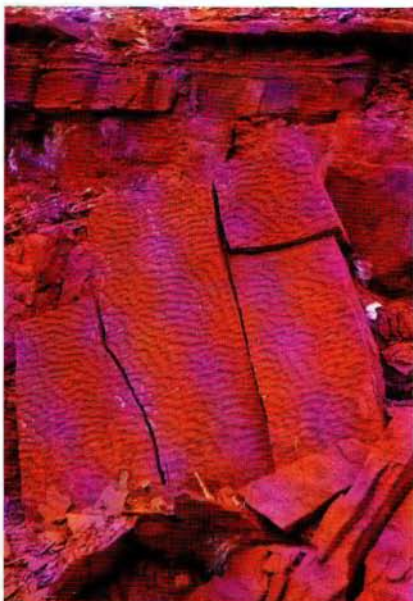
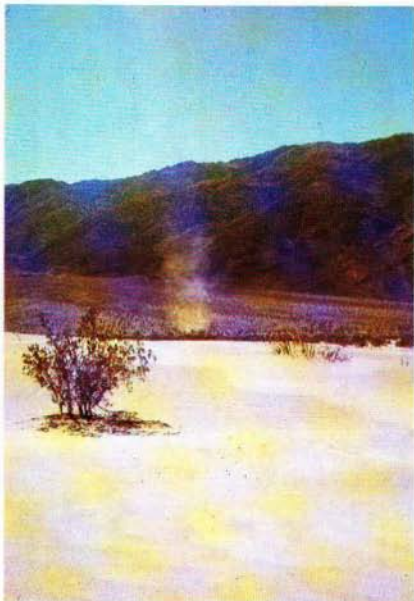
(Nadaljevanje prihodnjič)

Ivan Kuščer

SLIKE NA 2. IN 3. STRANI OVITKA

- Sl. 2. Vrulja (podmorski izvir) v zalivu Na Kolima pri Jurjevu. (Foto Marjan Richter).
- Sl. 4a Zračni vrtinec vzdiguje meglo v hribih (Foto Ciril Velkovrh).
- Sl. 4b Zračni vrtinec vzdiguje mivko v puščavi.
- Sl. 6. Plast peščenjaka kaže nakodrano površino, ki se je v davnih časih oblikovala v mivki na dnu plitvega morja.
- Sl. 7. Velike peščene sipine (Great Sand Dunes) na jugu države Colorado (ZDA).
- Sl. 9. Škrape ob poti na Krn.
- Sl. 11. Od vetra izklesani zameti v gorah.
- Sl. 12. Na gorskem sedlu je veter odnesel vrhnjo plast snega, razen kjer je bil poprej pohojen.

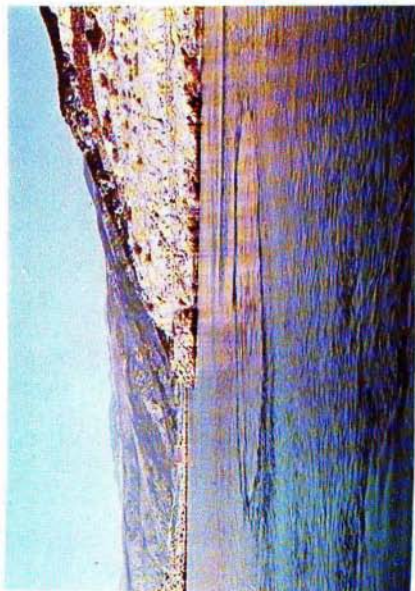
4B 6



9 12

4A

11



27