

*Projektna naloga pri predmetu informatika*

## **Kako in zakaj? Pridi, pa ti pokažem ...**

**Razložiti znam tako, da me »razume«  
učenec prvega razreda, utemeljiti pa tako,  
da me »razume« profesor**

# 1. Povzetek

2. V moji seminarski nalogi pri predmetu informatike sem se lotila nekaj problemsko zasnovanih vprašanj na temo fizike in jih skušala čimbolj nazorno rešiti ter razložiti. Takšna vprašanja so: kako obrniti kozarec, poln vode, na glavo, da voda ne bo iztekla (pokrov prepovedan), kako spraviti vrvico skozi led brez da led pade na dva dela, ali lahko vžigalico naslonimo na prst tako, da na njej stojita žlica in vilice hkrati vsaj eno minuto, zakaj uporabljati čutaro ter zakaj moramo zapreti usta, ko zraven nas eksplodira bomba.

3. Razloženih je tudi nekaj zanimivih stvari glede mavrice pa tudi o njeni zgodovini oz. razvoju raziskovanja le-nje.

4.

5.

## **6. Kazalo vsebine**

## 7. Uvod

Ta seminarska naloga nas pouči o mavrici, zakaj jo vidimo takšno, kakršno jo, kako so ugotovili njene lastnosti, nekaj o njenem nastanku pa tudi o zgodovini. Lotevamo se tudi problemov iz fizike, kot npr. kako obrniti kozarec, poln vode, na glavo, da voda ne bo iztekla (pokrov prepovedan). Teh vprašanj sem se lotila na takšen način, da sem najprej povprašala znanke in prijatelje, če znajo odgovoriti, nato pa sem napele še lastne možgane, tu pa tam pa še preverila kake podatke v knjigah ali pa na spletu.

## 8. Mavrica

Da na poseben in samosvoj način zaznamo svet okoli sebe, je potrebna



**Slika 1: Mavrica nad slapom**

svetloba, ki pa hkrati omogoča tudi mnoge kemijske in biološke procese, od katerih je odvisno življenje na Zemlji. Slep ljudi sami ne bi preživeli,

Le malo ljudi, ki so slepi, bi lahko preživelo brez ljudi, ki vidijo.

Svetloba je nekaj, kar ljudem omogoča, da čutimo vse podrobnosti sveta skoraj do potankosti. Sama svetloba je elektromagnetno valovanje z majhno valovno dolžino.

Svetloba je »kriva« tudi za nekaj čudovitih pojavov, ki jih poznamo. Ena izmed teh stvari je tudi mavrico, okoli katere so se napletli mnogi miti in legende. Za mnoge je mavrica recimo meja med to stranjo – Zemljo – ter onostranstvom oz. božjim svetom, drugim obljublja skrit zaklad od koncu mavrice, spet ta tretjim pa čas, ko si zaželi željo, mavrica pa jim jo izpolni.

### **8.1. Nastanek mavrice**

Ko z neba sije Sonce, hkrati pa dežuje, takrat je čas, ko se nekje na nebu pojavi mavrica. Nastane v trenutku, ko sončnim žarkom uspe prodreti skozi oblake in ko le-ti potem obsijejo deževni oblak. Mavrico vidimo le v primeru, da je Sonce za nami, dež pa pred nami oz. se pojavlja v dežju nasproti Sonca. Dopoldne torej nastaja na zahodu, ob popoldnevih pa na vzhodu. Po delu dneva, v katerem se mavrica pojavlja, se lahko napoveduje celo vreme. Dopoldanska mavrica nastaja ob nalivih z zahoda, zaradi česar lahko pričakujemo le kratkotrajna izboljšanja vremena. Popoldanska pa se pojavlja, ko so deževni oblaki na vzhodu – kadar se oblaki oddaljujejo, kar pa napoveduje lepše vreme. Nastala mavrica je svetel, barven – mavrični lok barv, vsega skupaj s premerom 42 stopinj, upoštevajoč senco naše postave.



**Slika 2: Dve mavrici**

Zagotovo ste včasih opazili dve, ne samo ene mavrice na nebu. Prvo, ki nastane (to je tista pod kotom 42 stopinj), imenujemo mavrica prvega reda ali primarna, lahko pa tudi glavna mavrica. Druga se boči nad prvo še za dodatnih 9 stopinj navzven. Imenuje se mavrica drugega reda ali večja ali zunanja mavrica. Višina Sonca na nebu je tudi pomembna za višino mavrice. Razmerje je obratnosorazmerno: višje je Sonce, nižje je mavrica ter obratno. Mavrica pa se ne bo pojavila, če bo Sonce višje od 42 oz. 51 stopinj nad obzorjem. Opoldne mavrice vsekakor ne bomo nikoli opazili. Se pa da mavrico opazovati kot poln krog, in sicer z visokega hriba ali iz letala.

Seveda pa mavrico lahko opazujemo kjer drugje, ne samo na nebu med dežjem. Nastane lahko tudi ob slapu, tudi vodometu, ko ga obsije Sonce. Tokrat mavrica nastane zaradi loma ter odboja sonca na vodnih kapljicah; tam bela barva razpade v različne spektralne barve, ki prispejo do človeškega očesa, mi pa tako vidimo mavrico. Oko samo pa ne razloči kapljic, zaradi česar je mavrica videti kot nepretrgan trak.

Redko se pojavi tudi ob luninem svitu, toda mavrica takrat ni obarvana, temveč je bele barve s svetlečim robom.

## **8.2. Barvna lestvica v mavrici**

Komponente, iz katerih je sestavljena bela svetloba, se kažejo v mavrici kot različne barve. Kapljice v atmosferi delujejo kot prizme, one razdeljujejo belo svetlobo kot prizme v različne barve. Popolnost mavrice je predvsem odvisna od lege Sonca. Kot že omenjeno, barvni spekter pri primarni in sekundarni mavrici si sledita v obratnem vrstnem redu. Na kratko razloženo: pri primarni mavrici se svetloba razprši ob vstopu v vodno kapljico, od zadnje stene pa se odbije. Pri sekundarni mavrici pa se žarki prelomijo dvakrat, zaradi česar se slika prav tako obrne dvakrat, zaradi česar pa nastane mavrica z obratno barvno kombinacijo kot pri primarni.

Opazujmo zdaj barve pri primarni mavrici. Mavrični notranji rob je vijoličast, zunanji rdeč. Od rdeče do vijolične si sledijo še (v tem vrstnem redu): rumena, zelena, modra, vmes pa še prelivs dveh sosednjih barv. Pri

sekundarni mavrici so barve v obratnem vrstnem redu, torej vijolična, modra, zelena, rumena, rdeča.

### **8.3. Raziskovanje mavrice skozi zgodovino**

Človek pozna mavrico že ves svoj obstoj na Zemlji. Ugotovitev, da mavrica nastane zaradi vodnih kapljic, je znana že več tisoč let. Prav tako je že izredno dolgo znano, da je za nastanek potrebno Sonce oz. sončni žarki. Dejansko je pa dolgo trajalo, da je nekdo znanstveno utemeljil in zadovoljivo pojasnil nastanek oz. sam pojav mavrice. To je uspelo Reneju Descartesom leta 1673, kar je bila njegova največja fizikalna ugotovitev. Ni pa uspel pojasniti, zakaj si barve pri sekundarnem in primarnem mavričnem loku sledijo v obratnem vrstnem redu, ter zakaj je mavrica sploh barvna. To je pozneje ugotovil in dokazal John Newton.

#### **8.3.1. Rene Descartes**

Rene Descartes je bil matematik, filozof, fiziolog in naravoslovec.

Pri dokazovanju nastanka mavrice si je pomagal tako, da je izdelal tanke steklene kroglice, vanje napolnil vodo, na njih kot take pa je potem usmerjal tanke pramene sončnih žarkov oz. svetlobo. Oponašal je Marka Antonia de Dominisa, ki je 22 let pred Descartesom take poskuse že

izvedel in jih utemeljil. Descartes je opazoval obnašanje

svetlobe v kroglici in ugotovil, da se žarek lomi ali dvakrat in se enkrat popolnoma odbije ali pa se prelomi dvakrat in prav tako dvakrat popolnoma odbije. V prvem primeru Sonce ne sme preseči 42 stopinj nad obzorjem (v tem primeru nastane primarna mavrica), v drugem primeru pa ne više kot 51 stopinj (tokrat nastane sekundarna oz. zunanja



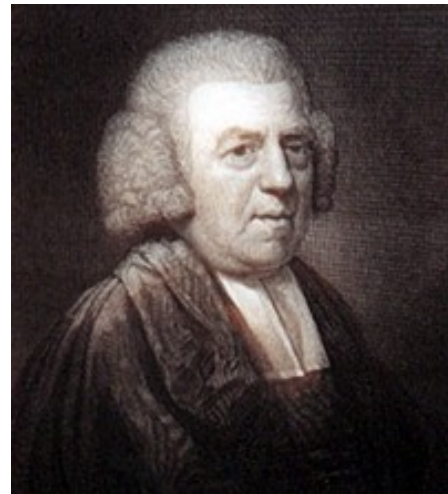
**Slika 3: Rene Descartes**

mavrica). Podatke je podkrepil z računom, kjer je uporabljal Snellov lomni zakon.

### 8.3.2. John Newton

Vse to je dokazal s pomočjo pripomočka, ki ga je poimenoval spektrum, to je bila prizma, skozi katero je spustil svetlobo na bel zaslon, kjer se je pojavila barvna mavrica.

Newton je dopolnil Descartes v obrazložitvi, od kod prihajajo barve. Bela svetloba je sestavljena iz celotnega barvne spektra, vsebuje namreč vse barve, kar je Newton dokazal. Ta trditev je povzročila



**Slika 4: John Newton**

velikanski preobrat na področju celotne optike. S čemer je pa tudi dokazal, da je sončna svetloba sestavljena, med drugim, iz vseh barv mavrice. Po njegovi trditvi obstajajo različne lomljivosti, ki povzročijo izgled različnih barv (vsak žarek svojo).

Iz vsega tega sledi neizpodbitno dejstvo, da se vsaka barva oz. njen žarek oz. barvna svetloba lomi drugače, zaradi česar ni mogoče trditi, da se spektrum oblikuje le ob prehodih skozi prizme.

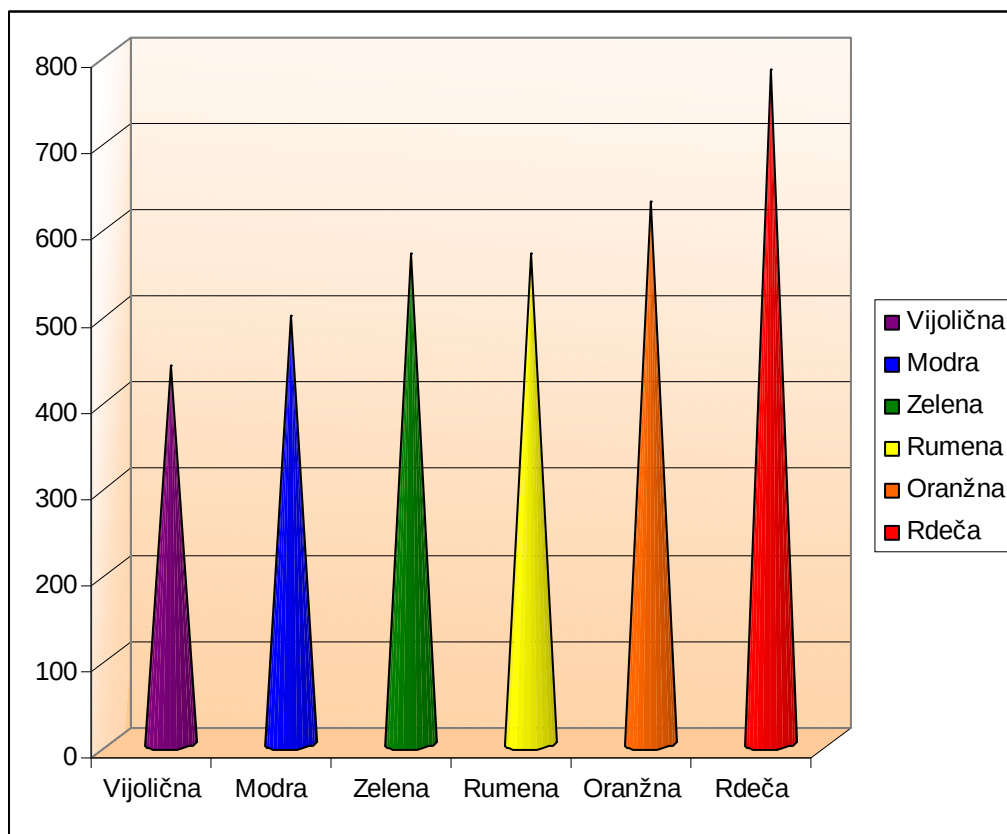
Vsaki (spektralni) barvi je določena lastna valovna dolžina svetlobe. Ob primerjavah se je dalo ugotoviti, da sledeče valovne dolžine ustrezajo določenim, približno enotno obarvanim barvam:

1. Vijolična.....od 380 do 436 nanometrov
2. Modra.....od 436 do 495 nanometrov
3. Zelena.....od 495 do 566 nanometrov
4. Rumena in oranžna....od 566 do 627 nanometrov
5. Rdeča.....od 627 do 780 nanometrov

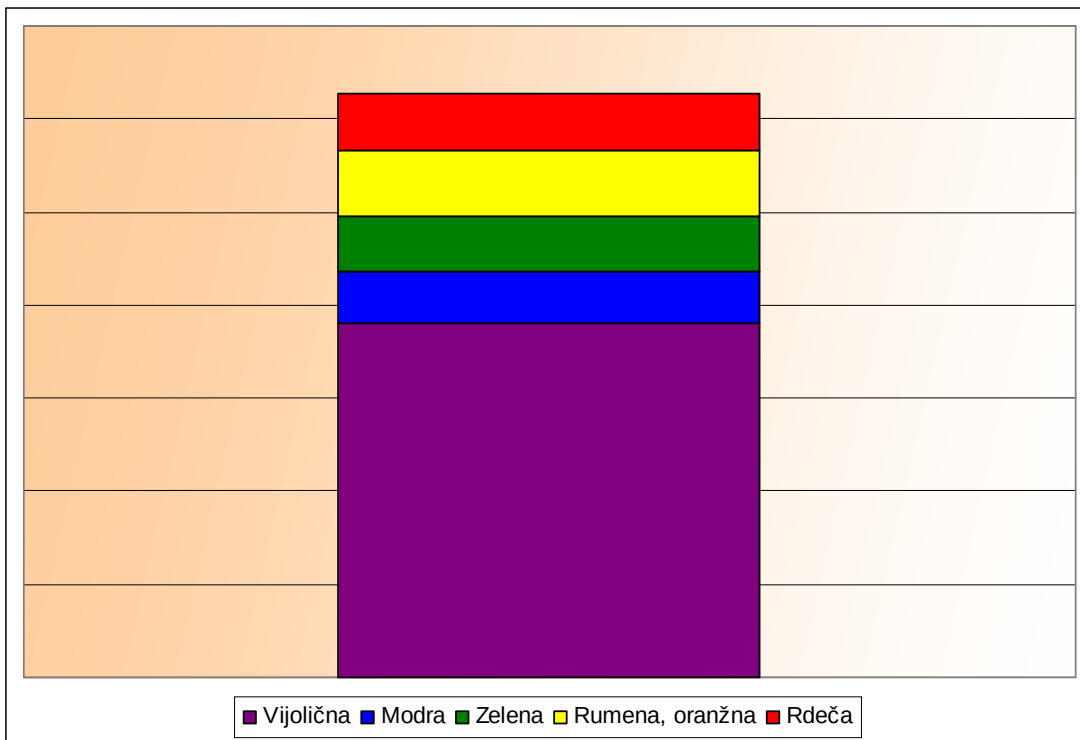


**Tabela 1: Valovna dolžina posamezne barve**

<b>Barva</b>	<b>Valovna dolžina v nanometrih (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Vijolična	380 - 436
Modra	436 do 495
Zelena	495 do 566
Rumena in oranžna	566 do 627
Rdeča	627 do 780



**Grafikon 1: Približna dolžina valovnih dolžin pri posamezni barvi**



**Grafikon 2: Prikaz valovnih dolžin pri posamezni barvi**

#### **8.4. Mavrične zanimivosti**

Ko natančneje opazujemo mavrico na nebu, opazimo, da je območje neba med obema mavricama malce temnejše kot zunaj obeh mavric. Zakaj? Najbrž je jasno, da žarki ne upadajo samo pod kotom 42 stopinj, temveč tudi pod večjim oz. (zdaj pomembnejšim) manjšim kotom iz kapljic. te žarke imenujemo »vrnjeni« žarki. Vsi ti žarki izhajajo od kapljic, ki se nahajajo znotraj loka spodnje oz. sekundarne mavrice. Če sklepanje nekoliko obrnemo, pridemo do dejstva, da se žarki odbijajo tudi navzven oz. navzgor od loka zgornje oz. primarne mavrice. Zaradi tega odbijanja pa sta ti dve naštetni območji (znotraj spodnje in navzven od zgornje mavrice) videti svetlejši, zaradi česar pa je območje med mavricama videti temnejše.

Barve v mavričnem loku se prekrivajo. Na intenzivnosti barve zato najbolj trpi vijolični lok, zunanji rdeč rob pa je najbolj izrazit. Barve v mavrici se prelivajo zaradi zveznega spektra sončne svetlobe, k razmazanosti barv pa pripomorejo tudi sončni žarki. Ti žarki niso povsem vzporedni, saj je disk sonca videti pod zornim kotom 0,5 stopinj.

Šibkim lokom pod lokom notranje mavrice pravimo interferenčne mavrice. Te mavrice se pojavijo ker žarka, ki vstopita v kapljo ob strani Descartesovega žarka, lahko po izstopu iz kaplje vzporedno nadaljujeta pot proti našemu očesu. Zaradi različnih poti, ki jih opravita v sami kaplji, se pojavijo interferenčne oslabitve oziroma ojačitve, ki jih opazimo kot loke različnih jakosti.

Mavrične barve pa so odvisne tudi od velikosti kapljic. Če je premer kaplje nekje od enega do dveh milimetrov potem bodo barve čiste in izrazite. Pri premerih okoli 0.5 milimetra je rdeča barva že precej oslabiljena, kapljicam pri katerih premer meri okoli 0,1 milimeter pa rdeča že zbledi, komaj pa opazimo kak vijoličen odtenek. Pri kapljicah katerih premer meri 0,01 milimeter in so ponavadi kapljice megle ali oblakov, pa opazimo belo mavrico. Te kapljice so namreč že tako majhne, da pride do izraza uklon svetlobe. Žarki posameznih barv se zaradi uklona pahljačasto razširijo. Uklon je za rdečo barvo bolj izrazit kot za vijolično, tako na majhnih kapljicah rdeča izginja, prevladuje pa modrikast odtenek. Kapljice so lahko velike tudi stotinko milimetra, takrat se ukloni tudi svetloba kratkovalovnega dela spektra, rezultat je bel lok.

Vse zgoraj se je nanašalo na kapljice povsem okrogle oblike, kar pa vemo, da v naravi kapljice niso. V naravi so kapljice rahlo sploščene, take pa k tvorbi mavrice ne prispevajo kaj dosti žarkov, razen če žarki potujejo po ravni krožnega preseka. Posledica tega je, da so mavrice predvsem pri nizkem Soncu izrazitejše ob vznožju lokov, kjer mavrico tvorijo tako majhne okrogle kot večje sploščene kaplje. Na vrhu večje kaplje ne sodelujejo pri nastanku mavrice.

## **8.5. Mavrica ob luninem svitu**

Kot že prej omenjeno, se tudi pri luninem svitu pojavlja mavrica. Zaradi takrat premajhnega toka, pri katerem človeško oko več ne zazna barv, pa vidimo le bel lok, ki predstavlja mavrico. Barve lahko opazimo šele pri fotografiranju z daljšo časovno ekspozicijo.

## 9. Kako obrniti kozarec, poln vode, na glavo, da voda ne bo iztekla? Pokrov prepovedan.

Zagotovo vsi poznate odgovor na vprašanje v naslovu. Če ne drugje, vam ga je pokazal profesor pri fiziki. Gre pa tako.



**Slika 5: Kozarec s "pokrovom"**

Kozarec, zelo priporočeno steklen, napolnimo z vodo. Prekrijemo ga z navadnim papirjem in nato obrnemo na glavo. In, ah, pogledj pogledj, voda ostane v kozarcu. Zakaj pa?

Skrivnost je v tlaku. V kozarcu je tlak manjši kot zunaj njega, kar pomeni, da tlak od zunaj pritiska na list papirja, ki zadržuje vodo v kozarcu.

Zunaj kozarca je tlak manjši, in sicer je to

normalen zračni tlak, ki znaša na morski gladini 101,3 kPa oz. 101300 Pa. Znotraj, v kozarcu, pa je tlak neprimerno manjši. Če recimo izračunamo v primeru navadne vode, ki ima gostoto  $1000 \text{ kg/m}^3$ , ter kozarca, v katerega smo natočili vodo do višine 1 dm. Po enačbi za tlak, ki je  $P = h \times \rho \times g$ , izračunamo, da znaša tlak v kozarcu  $P = 0,1 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 1000 \text{ Pa}$ . Razlika med tlakoma je torej  $101300 \text{ Pa} - 1000 \text{ Pa} = 100300 \text{ Pa}$ .

Zakaj sem omenila, da mora biti kozarec najboljše steklen? Pri steklenem kozarcu je rob povsem gladek, kar pomeni, da zrak ne more uhajati v kozarec, torej improvizirani pokrov dobro tesni. Če bi vzeli recimo plastični kozarec, ki ima nazobčan rob, papir na njem ne bi tesnil in bi se zgodilo to, kar se je nam pri uri fizike: voda ni ostala v kozarcu ☺.

Seveda pa je zdaj tu spet en tehnični problem, namreč glede papirja, ki ga položimo preko kozarca. Nekateri papirji puščajo, drugi so luknjasti, ta

tretji so spet pretrdi in se ne prilegajo kozarcu popolnoma ... Treba je pač izbrat papir, ki se ne zmoči ali zmehta prehitro, ter je hkrati dovolj trden in prilegajoč se kozarcu.

Zdaj, ko ste se vprašali, zakaj sem navajala še pogoje za idealen poskus: ni idealnega poskusa brez idealnih pripomočkov. Treba se je dobro pripraviti in misliti na vsako podrobnost, torej papir IN kozarec. Nočemo poplave sredi učilnice zaradi neprileganja naših dveh pripomočkov, kajne?

## **10. Kako spraviti vrvico skozi led brez da led pade na dva dela?**

Po mojem mnenju obstaja odgovorov na to vprašanje ogromno, le domišljijo je treba uporabiti.

Predvsem najprej razmislimo o tem, kako spravimo vrvico skozi led, pri tem pa mora ta ostati v enem kosu. Potegniti je ne moreš preko ledu. Lahko jo pa skozi led, kakor na primer nit skozi šivankino uho.

Zdaj pa se posvetimo vprašanju vrtnanja oz. delanja luknje v led. Odvisno je od velikosti ledu.

Zdaj predpostavimo, da je to kocka ledu, ki jo naredimo v domačem zamrzovalniku. Led je majhen, luknja zatorej ne mora biti velika. Priporočam, da segrejemo navadno iglo (ampak vseeno največjo, ki jo najdemo), jo segrejemo in potisnemo skozi led. Lahko segrejemo tudi narobe obrnjeno žlico, nož oz. katero koli kovino, ki je dovolj tanka, da ne bo predrla ledu na pol, in se da segret, da stali led.

Če pa imamo večji kos ledu, pa je naloga lahko enostavnejša. Uporabimo najnevarnejše orodje v očetovi garaži: vrtalni stroj, po domače pormašino. Ampak, to je prenevarno za nas, boljše je še zmeraj uporabiti isti način kakor pri manjšem kosu ledu, namreč segreti kovino, ki jo spustimo skozi led.

Kaj pa pri tistih tavelikih kosih, ki prosto plavajo po vodi, katerih sestava nam celo pove, koliko ledenih dob je bilo na Zemlji? Domnevam, da samo kaki vrtalni stroji ogromnih razsežnosti. Predvidevam, da bi tudi meteor predrl led. Brez da bi ga predrl na dvoje. (Skozi luknjo pa nato spustimo

klobčič niti. Spodaj naj jo zgrabi ... Pa važno je, da je nit speljana skozi led, a ne?)

Imam pa še eno, najboljšo in najenostavnejšo rešitev. Vodo damo zamrznit skupaj z vrvico.

## **11. Ali lahko vžigalico naslonimo na prst tako, da na njej stojita žlica in vilice hkrati vsaj eno minuto?**

Glavno pri tem fizikalnem problemu je vprašanje ravnotežja. Potreben je tudi en pogoj, brez katerega težko pridemo do rešitve, in sicer je pogoj ta, da sta žlica in vilice enako težki.

Zdaj pa pogledjmo k tej glavni težavi. Vsako omenjeno stvar posebej (vžigalica, žlica in vilice) lahko tako položimo na prst, da obstoji. Najti je treba le težišče (kar je v realnosti še nekako možno, vsaj s poskušanjem).

Kako pa zdaj postaviti vse tri zadeve naenkrat v ravnotežje? Povsem enostavno. Najprej na prst postavimo vžigalico. Na žlici in vilici moramo imeti predhodno označeno težišče, da lahko točno na težišče postavimo oba pribora na vžigalico. Če je vse v ravnotežju, bo seveda celotna zadeva stala tako dolgo, dokler ne bomo mignili s prstom in prevrnili zadevo.

V realnosti to preizkusiti je prava umetnost. Kot prej omenjeno, vsako stvar posebej že gre, ko pa poskušamo vse naenkrat, pa se zadeva zakomplicira. Ne samo, da je težko postaviti žlico in vilice na obe strani vžigalice naenkrat, težko je tudi najti točno težišče, potem umirit žlico in vilice, da se ne prevrneta ... Težavo lahko povzroča tudi navor, oz., bolj enostavno povedano, razdalja od težišče vžigalice. Če sta vilica in žlica obe enake teže, potem morata biti obe enako oddaljeni od težišče vžigalice, če pa nista enako težki, potem pa je treba iskati še primerno oddaljenost od težišča, da ostaja zadeva v ravnotežju. Kar se seveda da izračunati (navor = sila krat ročica), lahko pa se samo poskuša, kar pa lahko traja in traja in traja ...



**Slika 6: Vilica in žlica na vžigalici od spodaj**

Lahko pa se zadeve lotimo povsem drugače. Med vile vilice lahko nekako vtaknemo žlico tako, da sta postavljeni v obliki črke V. Nekje med stičiščem obojnega pribora vtaknemo vžigalico, jo postavimo na prst in zadeva stoji. Zakaj? Fora je v težišču. Ko je ta »črka« V namreč postavljena na vžigalico, je njeno težišče na sredini - kot vemo, se težišče išče tako, da poiščemo točno sredino



**Slika 7: Vilica in žlica na vžigalici od spredaj**

nekega predmeta oz. telesa, pri tej sestavljeni zadevi pa je težišče tam, kjer ni ničesar, kjer je zrak, odmaknjeno je od vžigalice, vžigalica torej ni postavljena na težišču, ampak je le opora. Ker pa je le opora, celotna teža vilic in žlice ni postavljena na vžigalico.

## 12. Zakaj uporabljati čutaro?

Čutara se uporablja v glavnem za varno prenašanje tekočin.

Narejena je iz različnih materialov, na primer aluminija, plastike, raznega železa (glavno, da material zadrži vodo). Nekoč so jih izdelovali celo iz živalske kože. Nekateri so danes izdelane čim lepše, ovite v usnje in tako naprej.



**Slika 8: Različne čutare**

Ne zadržujejo velikih količin vode, največ do prostornine enega litra. Običajno so majhne, zadržujejo tam okoli 0,14 litra prostornine tekočine.

Sama čutara ni znotraj z ničemer obita, ni termično izolirana kako so termovke, torej je temperatura notranje tekočine povsem odvisna od zunanje temperature. Tekočina se bo v mrzli sobi prav tako ohladila in obratno, znotraj vročega avtomobila se bo segrela.

Običajno v čutarah shranjujemo whisky ali kakšno podobno žgano pijačo, na dan pa jo privlečemo v mrzlih zimskih dneh, da nas pogreje (poglejte si stare ameriške filme). Zagotovo se uporabljajo tudi na kakšnih potovanjih, recimo v puščave (toda tokrat definitivno ne bo v čutarah žganja, pa tudi prostornina bo večja) ali pa kam drugam, kjer ni drugih izvirov vode.

## 13. Zakaj moramo zapreti usta, ko zraven nas eksplodira bomba?

Mogoče je že kdo kdaj slišal, da je treba takrat, ko zraven nas eksplodira bomba, odpreti usta. Vprašali smo se, zakaj.

Odgovor je v pritisku oz. zračnem tlaku. Ko imamo usta zaprta in na bobniče hitro pritisnejo zračne mase (kar se zgodi ob eksplozijah), ga



lahko močno poškodujejo. Ob normalnih dnevih namreč (ko ni nobenih hitrih zračnih mas, ki bi nas lahko zadele) bobnič z obeh strani obkroža enak pritisk, to je okoli 100 barov. Ko pa bobnič z ene strani doseže zrak z nadzvočno hitrostjo, lahko bobnič počí. Zavarujemo ga tako, da odpremo usta, kajti takrat lahko »butne« zrak še na drugi strani bobniča.

## **14. Zaključek**

Verjetno najpomembnejša ugotovitev sedaj je, da ... je izredno težko skupaj spraviti vilico in žlico, da stojita. Ugotovila sem tudi, da je pri kozarcu z vodo brez pokrova (ampak s kartonom) zelo pomembno, kako kakovostni so predmeti, ki jih uporabljam pri poskusu. Led me je naučil, da je mrzel in da se ne da zlahka (v praksi) »prepoloviti« (narediti luknjo skozi), ne da bi padel na dva dela.

Poleg vseh omenjenih težav, na katere sem naletela (in sem jih že omenila), je treba dodati še to, da je težko podajati snov tako, da bi me vsi razumeli. Zdaj vsaj razumem težko delo pedagogov.

## **15. Stvarno kazalo**

## 16. Seznam virov

- Taylor C., Pople S.: Znanost. Radovljica: Didakta, 1999.
- Graham J.: Prvi koraki v znanost z več kot 150 vznemirljivi poskusi. Murska Sobota, Pomurska založba, 2002.
- B. Beznec e tla.: Moja prva fizika: fizika za 9. razred osnovne šole. Ljubljana: Modrijan, 2007.
- <http://sl.wikipedia.org/wiki/Tlak>: 13.3.2008
- <http://www.mkheritage.co.uk/cnm/newimages/newtonportrait.jpg>: 21.4.2008
- <http://ebooks.adelaide.edu.au/d/descartes/rene/descartes.jpg>: 21.4.2008
- <http://climate.met.psu.edu/data/frost/images/rainbow.jpg>: 21.4.2008
- <http://www.ccjonesphotos.com/PS/images/Rainbow%20over%20Victoria%20Falls.jpg>: 21.4.2008