

STROKOVNO SREČANJE DMFA SLOVENIJE 2016

VABLJENI PREDAVANJI

Omrežja

Vladimir Batagelj

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

`vladimir.batagelj@fmf.uni-lj.si`



Omrežja se uporabljajo za opis sistemov med seboj povezanih enot. Zadnjih 20 let se je zanimanje za analizo omrežij močno povečalo in so našla uporabe v skoraj vseh vedah. Spoznali bomo pojem in vrste omrežij. Nekatera omrežja so lahko zelo obsežna, velika. Za večino velikih omrežij velja, da so redka - število sosedov ni veliko. Ta lastnost je v sociologiji znana kot Dunbarjevo število in je bistvena za razvoj učinkovitih algoritmov za delo z velikimi omrežji. Večina teh algoritmov je vključena v program Pajek. Ogleдали si bomo še nekaj pristopov analize omrežij.

*Dr. Vladimir Batagelj je konec leta 2014 s soavtorji pri založbi Wiley izdal knjigo *Understanding Large Temporal Networks and Spatial Networks: Exploration, Pattern Searching, Visualization and Network Evolution*.*

Zadnji trenutki v življenju zvezd

Andreja Gomboc
Univerza v Novi Gorici
andreja.gomboc@ung.si



Stara ljudstva so verjela, da je zvezdnato nebo nespremenljivo in večno. Danes vemo, da se zvezde rojevajo, razvijajo in umirajo. A medtem ko se nastajanje in razvoj zvezd dogajata na časovnih skalah veliko daljših od človeških, se zadnje življenjske stopnje nekaterih zvezd odvrtilijo zelo hitro. Moderni široko-kotni pregledi neba dnevno detektirajo nove, kratkotrajne astronomske izvore svetlobe, med katerimi so najmočnejši povezani s smrtjo zvezd: eksplozije supernov, izbruhi sevanja gama in plimska raztrganja zvezd v bližini masivnih črnih lukenj. Skupno jim je, da njihova silovita moč prihaja iz gravitacijske energije in da njihovo proučevanje povezuje različna raziskovalna področja od zvezdne evolucije in dinamike v galaksijah do splošne teorije relativnosti in visoko-energijske fizike.

Dr. Andreja Gomboc je leta 2015 prejela Zoisovo priznanje za pomembne dosežke pri proučevanju izbruhov sevanja gama

STROKOVNO SREČANJE - POVZETKI

MATEMATIKA

Predavanja na matematičnem delu strokovnega srečanja so hkrati tudi predavanja na posodobitvenem seminarju Matematika: temelji, izkušnje, novosti

Matematika na maturi

Iztok Banič

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

iztok.banic@um.si

Predavatelj je član Državne predmetne komisije za splošno maturo za matematiko. Na predavanju bo predstavil svoje vtise o delu v komisiji. Pri tem se bo podrobneje dotaknil tem, kot so:

- korektnost matematičnih definicij in jasnost formulacij nalog;
- najpogostejše napake dijakov pri pripravi na maturitetni test ;
- nasveti učiteljem glede priprav dijakov na pisni in ustni del maturitetnega izpita.

Dva paradoksa iz verjetnosti in statistike

Dominik Benkovič

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

dominik.benkovic@um.si

Pri analizi podatkov se lahko zgodi, da dobimo popolnoma nasprotujoče si zaključke, če je populacija enotna ali pa je le-ta razdeljena na več podpopulacij. Omenjeni fenomen je v statistiki znan pod imenom Simpsonov obrat. Podali bomo logično utemeljitev tega protislovja in nekaj primerov z različnih področij (medicina, šport, družboslovje).

Na različnih področjih lahko naletimo na relacije, za katere smo prepričani, da so tranzitivne, ampak v resnici niso. Na zgledu igre z igralnimi kockami, ki niso standardno označene, bomo predstavili primer paradoksa, ki ga povzroči netranzitivna relacija. Podali bomo nekaj primerov t.i. netranzitivnih paradoksov.

Teorija grafov: Od diskretnih razdalj do načrtovanja porok

Boštjan Brešar

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

bostjan.bresarc@um.si

Osrednji koncept predavanja je diskretna matematična struktura - graf. Teorija grafov se po eni strani loteva globokih matematičnih izzivov, po drugi strani pa graf predstavlja razmeroma preprost model za mnoge, tudi praktične kombinatorične probleme. Zaradi slednjega je ta koncept primeren in zanimiv tudi za obravnavo v srednješolskem izobraževanju. Spoznali bomo več primerov uporabe; na primer, graf kot metrični prostor in kot model razporeditve opravil, predstavili pa bomo tudi znameniti Hallov poročni izrek.

O praštevilskih dvojčkih

Daniel Eremita

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

daniel.eremita@um.si

Koliko praštevilskih dvojčkov obstaja? To vprašanje predstavlja enega od najbolj slavnihih nerešenih problemov teorije števil. Predstavili bomo zanimive lastnosti praštevilskih dvojčkov in spoznali različne rezultate, ki se nanašajo na omenjeni nerešeni problem.

Fermatova točka: preseženi mit in posplošitev

Bojan Hvala

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

bojan.hvala@um.si

Fermatova točka v trikotniku velja za najstarejšo »novodobno« značilno točko trikotnika, torej tako, ki je antični Grki najverjetneje še niso poznali. Obravnavali bomo ekstremalno lastnost te točke, katere geometrijski dokaz je splošno znan, pristop z metodami matematične analize pa je dolgo veljal za neizvedljivega. Ta mit, ki ga je ustvaril premalo premišljen stavek v nekem članku, je bil pred kratkim presežen.

Napaka kot učna metoda

Uroš Milutinović

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

uros.milutinovic@um.si

Napake niso le nekaj, kar želimo odpraviti. Napake lahko tudi uporabimo kot učinkovito učno metodo s katero [lahko] izboljšamo kakovost pouka. Potrebno je le spremeniti odnos do napak.

Predstavitev tekmovanja iz statistike in finančne matematike

Klara Pugelj, Aleš Toman, Tomaž Košir

tomaz.kosir@fmf.uni-lj.si

Predstavili bomo tretjo skupino tekmovanja iz Poslovne matematike za srednješolce, ki je namenjena predvsem gimnazijcem in zajema snov iz statistike in finančne matematike. Skupaj bomo tudi rešili par vzorčnih nalog.

Kovinska razmerja

Marko Razpet

UL, Pedagoška fakulteta

marko.razpet@pef.uni-lj.si

Gaussova preslikava, ki priredi obratni vrednosti števila med 0 in 1 njegov ulomljeni del, ima neskončno mnogo netrivialnih negibnih točk. Te so obratne vrednosti kovinskih razmerij, tudi kovinskih števil ali sredin. Intenzivneje jih študirajo zadnjih 20 let. Kovinska razmerja so iracionalna števila, ki zadoščajo preprosti kvadratni enačbi. Do njih lahko pridemo tudi geometrijsko, tako kot do znanega zlatega razmerja, ki je najpreprostejše kovinsko razmerje. Ustrezni kovinski pravokotniki so tudi vir samopodobnosti.

Dobrodošlo orodje za študij kovinskih razmerij so Fibonaccijevi in Lucasovi polinomi ter z njimi povezana Fibonaccijeva in Lucasova števila. Pokazali bomo, da so potence kovinskih razmerij pri lihih eksponentih tudi kovinska razmerja in so zato njihove obratne vrednosti negibne točke Gaussove preslikave. Potence kovinskih razmerij pri sodih eksponentih od vključno 2 naprej pa niso kovinska razmerja, njihove obratne vrednosti pa Gaussova preslikava ujame v cikel dolžine 2.

Mentorstvo pri matematičnih raziskovalnih nalogah

Samo Repolusk, Jože Senekovič

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

samo.repolusk@um.si

V prvem delu predavanja bo predstavljen koncept priprave študentov (bodočih učiteljev matematike) na pedagoških študijskih programih FNM UM za mentorstvo pri raziskovalnih nalogah iz matematike. Študenti se pri obveznem študijskem predmetu seznanijo s cilji in načini spodbujanja raziskovalnega dela pri učencih in dijakih, opravijo pregled raziskovanih tem v preteklih letih in eno izmed njih podrobno analizirajo in predstavijo svojim kolegom. Na ta način pridobijo kompetence za opravljanje vloge mentorja pri raziskovalnih nalogah v osnovni in srednji šoli.

V drugem delu bo učitelj matematike, ki je sam eden od najbolj ustvarjalnih mentorjev pri raziskovalnih nalogah v Sloveniji, predstavil pot od ideje do izvedbe, oziroma oddaje raziskovane naloge. Na konkretnem primeru bo prikazal težave, dileme in pomisleke tako s strani učencev avtorjev kot tudi s strani mentorja.

Težki algoritmični problemi

Aleksander Vesel

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

`aleksander.vesel@um.si`

Uporabnost algoritma je v veliki meri odvisna od njegove hitrosti. Praktično uporaben je le hiter algoritem oz. algoritem, ki najde rešitev v sprejemljivem času tudi za večje število vhodnih podatkov. Problem je lahek, če ga znamo rešiti s hitrim algoritmom, sicer gre za težek problem. Predstavljenih bo nekaj primerov težkih algoritmičnih problemov.

FIZIKA

Fizika socioloških sistemov

Matjaž Perc

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

matjaz.perc@um.si

Določene lastnosti človeškega obnašanja so neverjetno natančno napovedljive v velikih skupinah. V tem smo si ljudje, kljub temu, da smo kot posamezniki vsak zase posebni in unikatni, zelo podobni kot delci v snovi. Statistična fizika se je v preteklih dveh desetletjih izkazala kot zelo učinkovita za opisovanje pojavov zunaj klasične fizike. Fizika socioloških sistemov tako proučuje kolektivne pojave, do katerih pride kot posledica interakcij med posamezniki, ki se obnašajo kot elementarne enote v večjih socialnih strukturah. Dinamika javnega mnenja, evolucija jezika, čredni pojavi v protestih in revolucijah, kakor tudi razvoj hierarhij in elitizma v političnih krogih, so pogoste teme raziskav fizike socioloških sistemov. V predavanju bomo predstavili to mlado vendar nadvse perspektivno vejo fizike, s poudarkom na kazni in nagradi kot temelju uspešne družbe, ter barantanju kot na videz vsakodnevni, pa vendar fascinantno kompleksni človeški aktivnosti.

Keplerjevi zakoni nekoliko drugače

Milan Ambrožič

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

milan.ambrozic@um.si

Pri obravnavanju ali omembi Keplerjevih zakonov v šolah ne moremo mimo zakona o ohranitvi energije in zakona o ohranitvi vrtilne količine, če jih hočemo razumeti vsaj v poenostavljenem prikazu. Zato so dobrodošli različni matematični prijemi in celo analogije, kot je na primer analogija s koničnim nihalom. V tem prispevku je podanih nekaj osvetlitev Keplerjevih zakonov v primerih, ko je matematični opis primeren za srednješolski nivo ali pa za tehnične smeri v visokem šolstvu, brez abstraktnega Lagrangeovega formalizma, ki je sicer potreben pri strogi izpeljavi eliptičnega tira gibanja in dinamične enačbe.

Dijaški projekti iz fizike

Rok Capuder

Zavod 404

rok@zavod404.si

V gimnazijah fizika predstavlja prvi stik dijakov z vrsto študijev, ki jih pri drugih predmetih nimajo možnosti spoznati: strojništvo, elektrotehnika, gradbeništvo, mehatronika ... Skozi interdisciplinarne projekte lahko dijakom te vede približamo in jih navdušimo za morebitno poklicno pot. Predavanje predstavlja tri primere dobra prakse na tem področju. Gre za preplet fizikalnih vsebin, ki se povezujejo z drugimi naravoslovnimi predmeti kot sta na primer biologija in informatika.

Ohlajanje

Tine Golež

Škofijska klasična gimnazija

tine.golez@guest.arnes.si

Opisan je poskus, ki je primeren tudi za maturante. Analiza meritve ohlajanja nekoliko segretega bolometra poteka po dveh poteh. Dijaki tako spoznajo, kako pri numeričnem računanju s spreminjanjem parametra modelsko krivuljo prilagodimo izmerkom. Dodana je še analitična rešitev, ki pa v tem primeru ne prekaša numerične, saj izhaja iz približka, hkrati pa tudi zahteva poznavanje infinitezimalnega računa. Zaradi cenene opreme in dobrih rezultatov vabimo učitelje, da s to meritvijo dopolnijo nabor vaj za maturante.

Opazovanje Sonca s filtrom H-alfa

Andrej Guštin

DMFA Slovenije

astronom.tek@gmail.com

Praktični prikaz delovanja in ogled Sonca z naprednejšim ozkopasovnim filtrom v vodikovi črti H-alfa s poudarkom na možnosti takih opazovanj za resnejše raziskovalno delo v osnovnih in srednjih šolah. V slučaju slabega vremena bodo prikazani posnetki Sonca in njihova obdelava.

Uporaba tabličnega računalnika pri pouku fizike v osnovni šoli

Vladimir Grubelnik

UM, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

vlado.grubelnik@um.si

Predstavljene bodo ključne prednosti, ki so se pokazale pri uvedbi tabličnih računalnikov v pouk fizike v osnovni šoli. Uporaba tabličnih računalnikov je v primerjavi z ostalimi viri informacij postavila v ospredje pridobivanje informacij preko svetovnega spleta. S tem se je spremenila vloga učitelja v mentorja, ki vodi in usmerja učni proces. Z ustreznimi aplikacijami lahko uspešno nadomestimo tudi različno eksperimentalno opremo in s tem omogočimo večjo individualizacijo in diferenciacijo pri eksperimentiranju. Kot ključna prednost tabličnih računalnikov se kaže tudi učenčevo virtualno proučevanje vplivov posameznih parametrov na dinamiko sistema.

Križna palica in parček Venera in Mars

Boris Kham

Gimnazija Jožeta Plečnika, Ljubljana

astroboris@khamikaze.net

V oktobru in novembru 2015 smo se lahko srečevali z planeti in Luno, ki so si bili navidezno blizu. Za 3. november je bila napoved, da bo Mars kot rdeč dragulj le okoli 0,70 stran od prelepe Venere (Spikina internetna stran in Glej jih zvezde 2015 str.115). Porajala se mi je misel in želja, kako bi med opazovanjem ocenil ta kot. Z merilnim okularjem, ne bo šlo, ker obeh igralcev ne bom ujel hkrati v zorni kot teleskopa, torej kaj. Iz spomina sem potegnil idejo, kaj pa križna palica o katri sem bral v knjižici: Astronomska opazovanja (Marijan Prosen DMFA 1977/78) in v Spiki januar 2002 str. 32 (Andrej Guštin: Križna palica). Prebral sem oba članka in se odločil, da si naredim križno palico, čeprav sem misel nanjo v preteklosti zavračal, da bi jo imel na taborih. Večkrat naletim v raznih knjigah (npr. Glej jih zvezde 2015, zadnja stran, Marjan Prosen: Astronomija, str.25; Bojan Kambič: Raziskujemo ozvezdja z daljnogledom 10x50, str.30;) navodila kako naj uporabljamo roko za merilo kotov. »Potem bo tudi moja mini križna palica dobra za oceno kotov« sem bil prepričan. A brez težav ni šlo.

Tekoči kristali: poligon kozmologije in fizike delcev

Samo Kralj

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

samo.kralj@um.si

Tekoči kristali obstajajo v raznovrstnih strukturah in fazah. Posledično lahko v njih zasledimo praktično vse fizikalne pojave. Poleg tega so relativno enostavno eksperimentalno dostopni. V predavanju bom predstavil, kako lahko s študijem tekočih kristalov spoznamo fundamentalne zakonitosti narave. Med drugim bom demonstriral, kako lahko dobimo vpoglej v možne razlage pojavov, ki jih "prevadujoča znanost" razlaga z vpeljavo "temne energije" in "temne mase". Slednja koncepta predstavljata vroči nerešeni uganki znanosti.

Uporabnost fizike kompleksnih mrež

Markovič Rene

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, UM, Pedagoška fakulteta

rene.markovic@um.si

V zadnjem desetletju predstavlja teorija kompleksnih mrež zelo popularno in učinkovito orodje za analizo strukture in delovanja najrazličnejših kompleksnih sistemov [1]. Zaradi velike popularnosti te metode, se je oblikovalo tudi veliko programske opreme, ki omogoča relativno enostavno upodobitev in analizo kompleksnih mrežnih struktur. Podrobneje bo sta predstavljena program Gephi [2] in objektno naravnan programski jezik Python [3]. V nadaljevanju predstavitev bo prikazano kako lahko s teorijo kompleksnih mrež numerično simuliramo oblikovanje javnega menja kot tudi evolucijo socialnih mrež. Teoretično dobljenim rezultatom bo sledil opis metodologije, ki omogoča ekstrakcijo funkcionalne povezanosti iz realnih podatkov [4,5]. Metodologija bo uporabljena na primeru biološkega

sistema in sistema trgovanja z delnicami. Predstavljena metodologija omogoča zelo globok vpogled v delovanje posameznih sistemov ter nazoren prikaz njegove organiziranosti.

Reference:

1. A.-L. Barabóosi, *Nature Phys.* 8 (2012) 14.
2. M. Bastian, et al., *AAAI Conference on Weblogs and Social Media* (2009).
3. A. Aric, et al., *Proceedings of the 7th Python in Science Conference* (2008)
4. R. Markovič, et al., *Sci. Rep.* 5 (2015) 10.
5. M. Gosak, et al., *PloS one* 10 (2015) e0143781

Zrcala

Nada Razpet

UL, Pedagoška fakulteta

nada.razpet@guest.arnes.si

Med didaktičnimi priporočili, ki jih najdemo v učnem načrtu za fiziko v osnovni šoli, je tudi zapis o medpredmetnem povezovanju. Navadno v osnovni šoli obravnavamo le ravna zrcala, poskuse pa delamo kvečjemu z dvema. Če pa snov nekoliko razširimo in izvajamo poskuse z več ravnimi zrcali, katerim pridružimo še krogelna ali pa celo cilindrična, potem hitro ugotovimo, da lahko temo povežemo z umetnostjo (fotografiranje), matematiko (poltrak, premica, vektor) in informacijsko tehnologijo (animacija, raziskovanje, ponazoritev). Navedli bomo nekaj poskusov, jih analizirali, pokazali, kako kaj izračunamo in kako z uporabo programov za dinamično geometrijo ponazorimo medsebojne odnose med fizikalnimi količinami.

Primerjava maturitetnih nalog iz fizike na splošni in mednarodni maturi v Sloveniji ter splošni maturi na Hrvaškem

Robert Repnik, Miro Jaušovec in Marko Jagodič

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko; OŠ Janka Glazerja Ruše; II. gimnazija Maribor

robert.repnik@um.si, miro.jausovec@glazer.si, marko.jagodic@druga.si

Matura v Sloveniji je stara 21 let. Uvedena je bila z namenom preverjanja usposobljenosti dijakov za vstop na fakultete. Eden od izbirnih maturitetnih predmetov je tudi fizika. V diplomskem delu želimo primerjati nivo in koncept slovenske mature iz fizike s programom mednarodne mature, ki ga izvajajo na treh slovenskih gimnazijah, in splošno maturo na Hrvaškem. V ta namen podrobno analiziramo in primerjamo učne načrte iz fizike in predmetne izpitne kataloge v programu splošne mature in programu mednarodne mature v Sloveniji ter splošne mature na Hrvaškem. V posameznih maturitetnih programih iščemo podobnosti in razlike. Zanima nas tudi vključenost dijakov v splošno maturo iz fizike v Sloveniji, dosežena povprečna ocena in delež neuspešnih. Glavni del diplomskega dela je primerjava in analiza maturitetnih nalog po Gagnejevi klasifikaciji znanj. Predlagamo spremembe v smislu izboljšave mature v Sloveniji.

Razmisli in poskusi - kako bi animirali dijake?

Mitja Rosina

UL, Fakulteta za matematiko in fiziko

mitja.rosina@fmf.uni-lj.si

V Preseku sem v rubriki "Razmisli in poskusi" predstavil nekaj zanimivih zgledov iz vsakdanjega življenja, nenavadnih pojavov in poskusov s priročnimi sredstvi. Žal ni navada, da bi dijaki poslali odgovore na vprašanja. Nekatera so res težka, mnoga pa so lahka. Prikazal bom nekaj vzorcev, potem pa vabim k razpravi, kako bi lahko take zglede uporabili kot dopolnilo k pouku, pri katerem bi dijaki samostojno in iniciativno delovali.

Raziskovalno delo mladih

Mitja Slavinec

UM, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

mitja.slavinec@um.si

Mladinsko raziskovalno delo ima v Sloveniji 50 letno tradicijo. Mladi lahko raziskovalne naloge izdelajo in na državnem srečanju predstavijo na kar 20 različnih področjih. Mladinsko raziskovalno delo jim omogoča zgodnje uvajanje v osnove znanstveno raziskovalnega dela in kreativnost in ima ob izobraževalnem tudi pomemben vzgojni učinek. Mladinsko raziskovalno delo je tesno povezano z mladinskimi raziskovalnimi tabori.

Učenje v globino oziroma konceptualni pristop kot pomemben dejavnik v učnem procesu priprave dijakov na splošno maturo iz fizike in poučevanju fizike nasploh

Simon Ūlen

Alma Mater Europaea – ECM, Gimnazija Franca Miklošiča Ljutomer

Globlje razumevanje fizikalnih konceptov bi moralo biti poglavitno vodilo vseh učiteljev, ki poučujejo predmet s tako kompleksnimi vsebinami, kot je fizika. Na pomen razumevanja fizikalnih vsebin opozarja tudi učni načrt za fiziko v gimnaziji, ki je nastal ob zadnji posodobitvi omenjenega programa. Učenje v globino oziroma konceptualni pristop zasleduje ta cilj in posledično lahko predstavlja pomemben dejavnik pri uspešni pripravi dijakov na splošno maturo iz fizike in pri poučevanju fizike nasploh. V prispevku predstavljamo osnovne značilnosti konceptualnega pristopa pri poučevanju fizike in praktični primer implikacije tega učnega pristopa v učni proces. V zaključku prispevka opozorimo na uspešnost omenjenega učnega pristopa z rezultati na splošni maturi iz fizike na izbrani slovenski gimnaziji.

Model varilskih očal kot primer sodobne aplikacije v pouku fizike

Bernarda Urankar, Mojca Čepič

UL, Pedagoška fakulteta

bernarda.urankar@pef.uni-lj.si, mojca.ceplic@pef.uni-lj.si

Sestavina številnih visoko tehnoloških naprav in naprav iz vsakdanjega življenja so tekoči kristali in izkoriščajo njihove posebne lastnosti. Vsakomur znani so tekoče kristalni zaslони računalnikov, telefonov, ročnih ur in podobno. Zahtevnejše aplikacije javnosti niso toliko poznane. V tem prispevku predstavljamo eno od njih, varilska očala, ki so jih razvili na Institutu Jožef Stefan. Varilska očala so namenjena zaščiti oči pred intenzivno svetlobo ob varjenju. Velika prednost predstavljenih očal pred običajno varilsko zaščito oči je, poleg izjemne absorpcije svetlobe, samodejno preklapljanje med stanjem, kjer očala svetlobo absorbirajo, in stanjem, ko svetlobo prepuščajo v odvisnosti od osvetlitve očal. Zato ima varilec obe roki prosti za delo. Varilska očala so patentirana¹, njihova kvaliteta pa že dolgo presega konkurenčna očala.

Varilska očala sestavljata dva etalona s podobno strukturo kot običajni tekočokristalni zaslони². Fotodioda krmili napetost na očalih, ki se poveča ob povečani osvetlitvi zaradi obločnega varjenja in samodejno preklopi očala v zatemnjeno stanje.

V prispevku bova predstavili model varilskih očal. V modelu so tekoči kristali v strukturi očal nadomeščeni z običajnimi prosojnicami. S preprostimi eksperimenti bova pokazali

- da so prosojnice optično anizotropne;
- da ima prosojnica podobne optične lastnosti kot plast urejenih tekočih kristalov;
- da sestav iz dveh polarizatorjev in več prosojnic predstavlja model etalona;
- da vijačna struktura tekočih kristalov oziroma sklada prosojnic omogoča prehod svetlobe neodvisen od valovne dolžine;
- da lahko vpliv električnega polja na strukturo tekočih kristalov v etalonu ponazorimo s sukanjem prosojnic;
- da tako spremenjena struktura močno absorbira svetlobo neodvisno od valovne dolžine.

¹ J. Pirš, M. Bažec, S. Pirš, B. Marin, B. Urankar in D. Ponikvar, *Variable contrast, wide viewing angle LCD light-switching filter*, United States Patent US8542334(B2), United States Patent Office (2013).

² B. Urankar, *Aktivni tekočokristalni optični zaščitni filtri*, magistrsko delo, Univerza v Mariboru (2016).