

# Lego Kepler – odkrivanje planetov

↓↓↓

JOŽE PERNAR

→

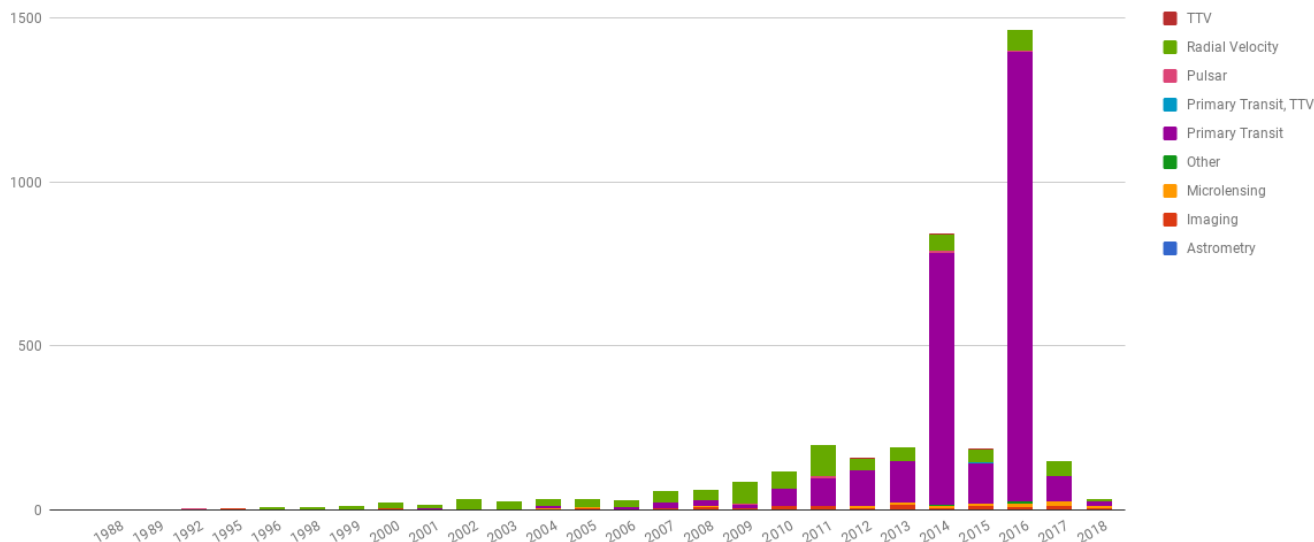
## Uvod

Eksperimentalno delo in opazovanje naj bi bilo temeljno vodilo naravoslovnih predmetov. Astronomija, kot samostojni predmet ali del vsebin pri pouku fizike, naj bi se tako opirala predvsem na opazovanje. Pri tem nam vreme, čas in zahtevna oprema prej otežita, kot olajšata zahtevno delo. Učitelj ali mentor je tako postavljen pred dodaten izziv. Najti ali izdelati naloge, ki bodo avtentične, zanimive, aktivne in predvsem poučne. Odkrivanje eksoplanetov, Lego kocke in aktivna metoda poučevanja na prvi pogled nimajo kaj dosti skupnega z navedenimi izhodi-

šči. Odkrivanje in raziskovanje vzbuja pri dijakih zanimanje. Lego gradniki predstavljajo znano okolje, ki ga obvladajo skoraj brez izjeme. Aktivne oblike učenja nedvomno vplivajo tudi na pridobljeno znanje [1].

Prvi planet zunaj našega Osončja je bil najden že leta 1988. »Gamma Cephei b« je bil dokončno potrjen šele 14 let pozneje (2002). Prvi planet, ki so ga odkrili z metodo tranzitnega prehoda, pa je bil »HD 209458 b« leta 1999. S pomočjo te metode je bilo odkritih do aprila 2018 največ eksoplanetov.

Metoda prehoda planeta preko zvezdine »ploskve« je očitno dala izjemne rezultate. Kako dijakom približati to znanstveno metodo? Leta 2009 je bil na Mednarodni konferenci SirIkt predstavljen prispevek »Odkrivanje planetov« [3] z interaktivnim pristopom

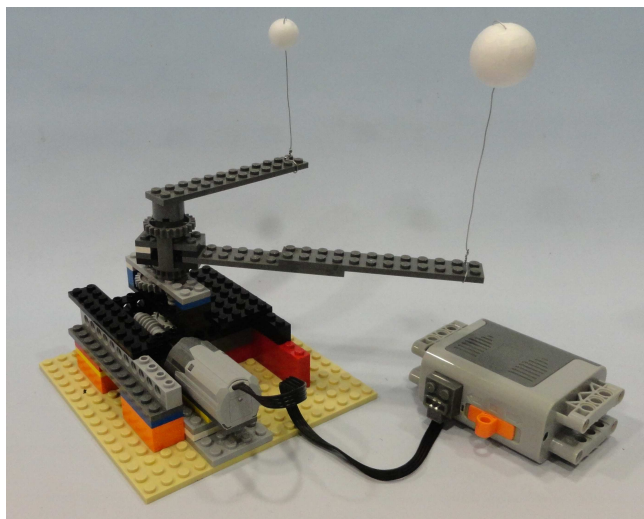


SLIKA 1.

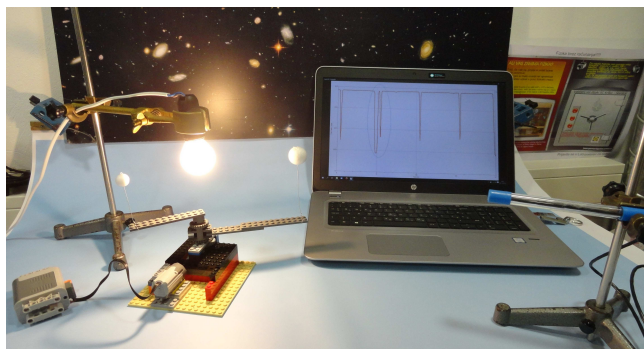
Diagram števila odkritih eksoplanetov z različnimi metodami (Vir: [en.wikipedia.org/wiki/Discoveries\\_of\\_exoplanets](http://en.wikipedia.org/wiki/Discoveries_of_exoplanets)) [2].

→

→ aktivne oblike dela v razredu. S pomočjo merilnika osvetljenosti in modela sistema planetov iz Lego gradnikov je bil prikazan uporaben princip eksperimentalnih nalog pri fiziki. Uporabnik je z opazovanjem modela krožečih planetov iskal povezavo med zabeleženimi diagrami in dejanskim gibanjem teles okoli svetila.

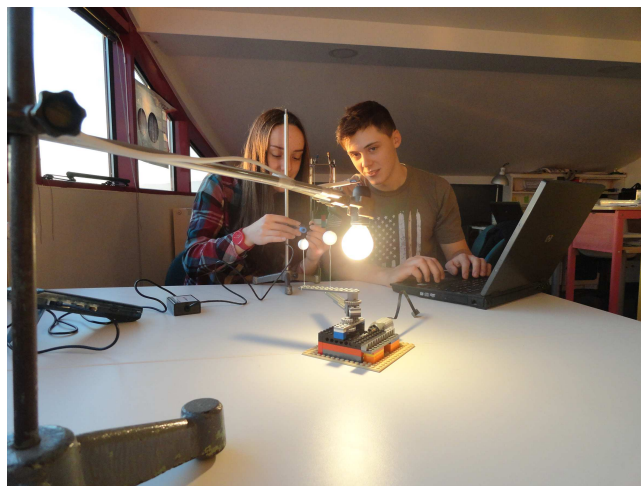


**SLIKA 2.**  
Model



**SLIKA 3.**  
Merjenje

Model in metoda ne zagotavljata avtentičnosti znanstvenega dela. V primeru, da model »zakrije« in ta ni več viden opazovalcu, se močno približamo dejanskemu načinu odkrivanja planetov z me-



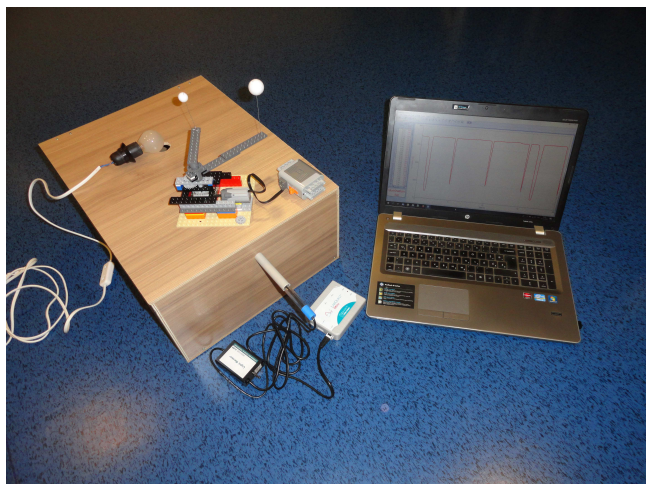
**SLIKA 4.**  
Opazovanje odprtega sistema. Gimnazija Krško, 14. 12. 2018.

todo tranzita. Recimo, da je model »zvezde in planeta« v enem prostoru, opazovalec pa ga zgolj zasleduje s pomočjo ustrezne opreme in računalnika. S tem simuliramo daljinsko zaznavanje, kot se odvija z zaznavanjem merilnikov in teleskopov v pravi meritvi. Če model zapremo v škatlo in ga opazujemo zgolj s pomočjo merilnika osvetljenosti Vernier [4], se približamo dejanskim metodam, kjer lahko iz diagramov odčitamo določene lastnosti nekega sistema. Kar pa je najbolj zanimivo in koristno, da lahko te sisteme spreminjamo in zamenjujemo število teles, ki ga tvorijo.

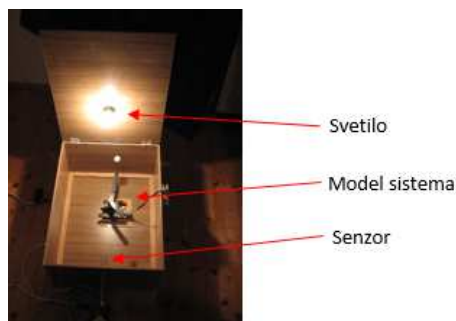
### Prepoznavanje fizikalnih lastnosti objektov

Običajno nas zanima pri planetu njegova velikost, razdalja in obhodni čas. Na sliki 7 je karakteristika prehoda dveh planetov. Najnižji del svetlobe, ki se pojavi dvakrat in jo zabeleži senzor, nakazuje, da je en planet večji od štirih ponorov, ki jih povzročijo v 20 sekundah drugi planet. Večkratni prehodi dokazujejo, da ima manjši večjo hitrost. To ugotovitev potrjuje tudi čas prekrivanja – tranzicije posameznih planetov.

Iz strmine padanja in naraščanja svetlobe lahko dijak zaključi tudi lastnost prehoda, ki je časovno opredeljena.



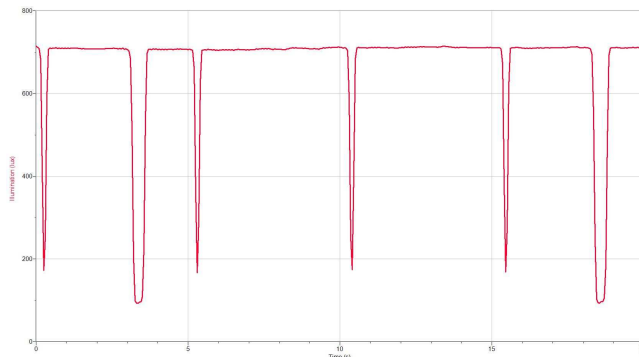
**SLIKA 5.**  
Komplet za opazovanje gibanja »planetov okoli zvezde«



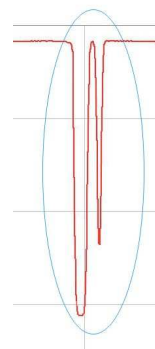
**SLIKA 6.**  
Notranjost škatle

Interpretacije diagramov v prisotnosti lune, ki se gibljejo z drugačnim ciklom, kot druga telesa, lahko predstavlja dodaten izziv. Njihove motnje osvetljenosti se namreč pojavljajo zelo blizu glavnih ponorov svetlobe matičnega planeta. Tako bi detajl na sliki 8 lahko interpretirali, kot prisotnost lune v bližini planeta. Daljši časovni diagram na sliki 9 pa razkriva, da gre za manjši, hitrejši planet, ki se je v času 5 s nahajal skoraj v opoziciji večjega in počasnejšega planeta.

Diagram na sliki 10 predstavlja periodično pojavljanje lune na isti strani planeta. Takšna slika daje možnost predvidevanja hitrosti gibanja lune okoli



**SLIKA 7.**  
Dva planeta



**SLIKA 8.**  
Planet in njegova luna?

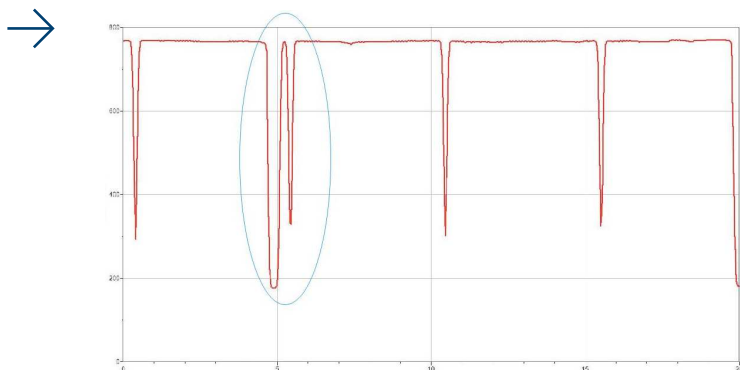
svojega planeta. Kljub več mogočim rešitvam se iz razmerja podatkov lahko ugotovi, ali dijak razume obhodne čase planetov in lune.

### Merjenje obhodov

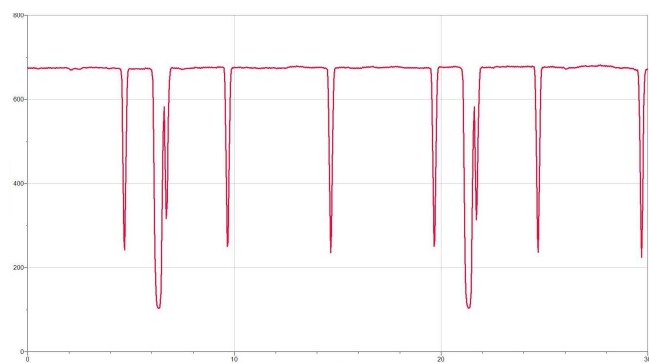
Obhodne čase ugotovimo in izračunamo s pomočjo tabele ali odčitka na diagramski koordinati časa  $\Delta t$ . Ugotavljanje obhodnih časov lahko razvijemo za medsebojne vplive planetov. Z ustreznim merilom se lahko lotimo tudi izračuna gravitacijskega vpliva.

Z nastavljivim virom napajanja pogona sistema lahko vplivamo na hitrost mehanizma in obhodne čase posameznih teles. Zgolj zamenjava enega para zobnikov nam spremeni pogoje gibanja enega, več ali vseh teles v sistemu.





**SLIKA 9.**  
Manjši in večji planet



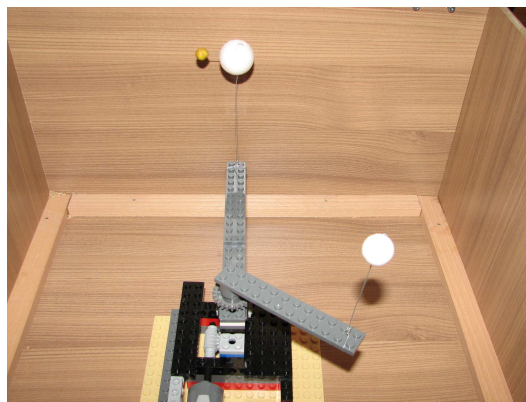
**SLIKA 10.**  
Periodični pojav prisotnosti lune ob večjem planetu

### Računanje s 3. Keplerjevim zakonom

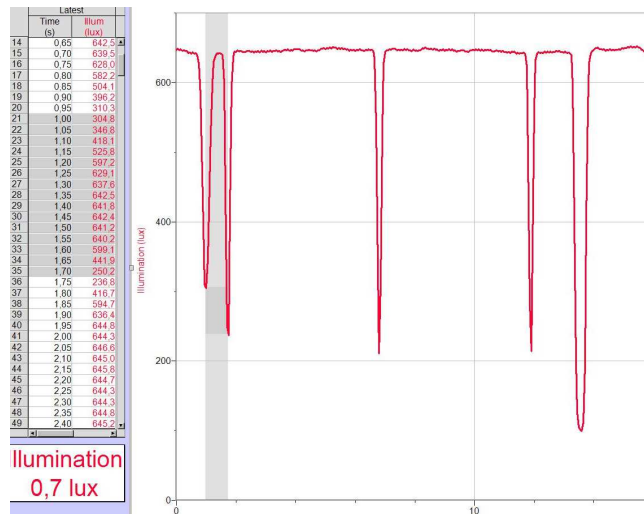
Za preračunavanje tirnic in časov pa je nujno najprej izbrati pravilna razmerja zobnikov (prestavno razmerje) in prirediti dolžine ročic mehanizma, ki zagotavljajo tudi uporabo 3. Keplerjevega zakona.

### Optični pojavi

Natančno opazovanje izrisanih diagramov nam omogoča dodatno komponento spoznavanja ali utrjevanja znanja s področja geometrijske optike. Če je sistem dobro zaprt, se opazi vpliv odboja svetlobe med planeti. Anomalije na diagramih so lahko velik izziv za dodatna znanja in raziskovanja.

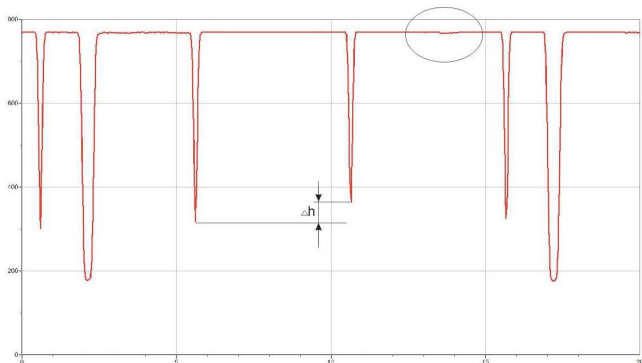


**SLIKA 11.**  
Luna

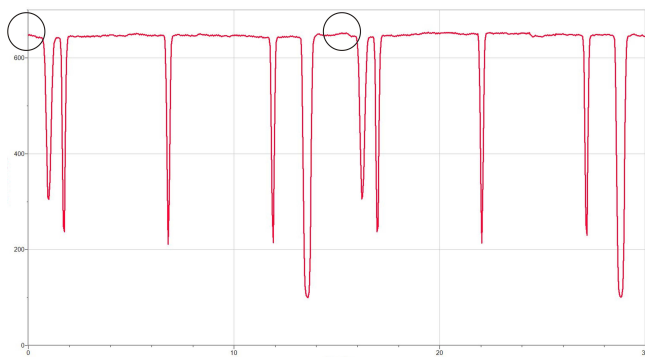


**SLIKA 12.**  
Tabela omogoča zelo natančno določitev vseh časovnih podatkov.

Na diagramski sliki 14 je viden zanimiv pojav. Pred prehodom rdečega planeta (slika 15) se pojavlja povečanje svetlobnega toka, ki ga zaznava senzor. Periodično ponovljiv vzorec kaže, da ne gre za napako pri merjenju, temveč za odboj dela svetlobe zvezde na desnem manjšem planetu. Potrditev domneve nedvomno lahko dokažemo z zamenjavo smeri vrtenja teles.



**SLIKA 13.**  
Zakaj se pojavi razlika  $\Delta h$ ?



**SLIKA 14.**  
Mesta povečanega svetlobnega toka

### Orientacija - gledišče - pozicija merilnika

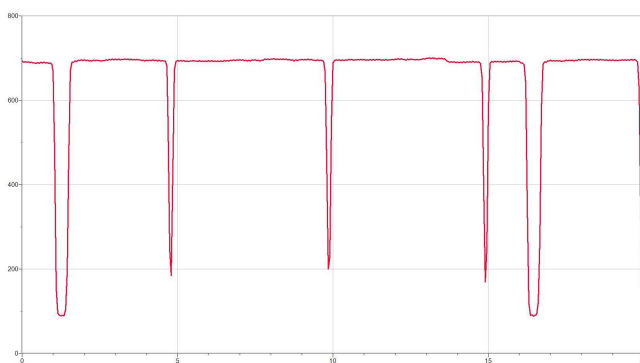
Merilnik osvetljenosti predstavlja točko opazovališča. Zaznava količino svetlobe, ki se ujame v senzorju na določeni površini. Zelo avtentično situacijo lahko zagotovimo s spremembo točke zaznavanja. To storimo z enostavnim krožnim zasukom mehanizma - sistema planetov. Dodatna prostorska projekcija omogoča razvoj boljše orientacije v prostoru.

### Oblike modelov

Eksperimentalna naloga omogoča neomejeno vrsto konfiguracij, ki jih postavimo v opazovalni sistem. Oblike in število gradnikov, hitrosti gibanj (pogoni),



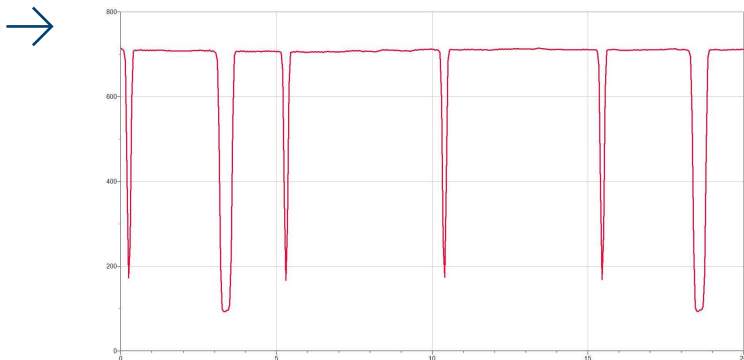
**SLIKA 15.**  
Odboj od drugega planeta.



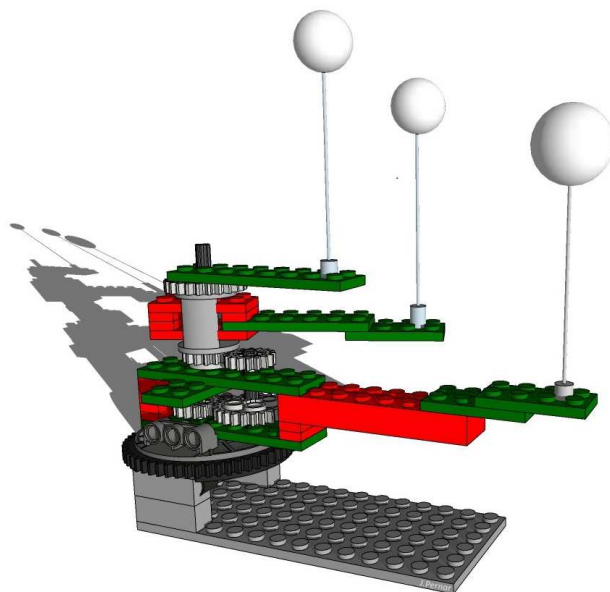
**SLIKA 16.**  
Opazovališče 1

različne dimenzije objektov ter njihova geometrijska razporeditev nam omogočajo ogromno možnosti različnih situacij. Pri tem lahko izkoristimo kreativnost dijakov, kajti njihovo sodelovanje in medsebojne priprave modelov naredi delo še bolj zanimivo in raziskovalno.





**SLIKA 17.**  
Opazovališče 2



**SLIKA 18.**  
Model sistema

## Zaključek

Astronomija bi morala ostati v šolskih učnih načrtih. Nudi nam poznavanje našega prostora in dogodkov v naši neposredni in daljni okolici. Klasično opazovanje s teleskopi velikokrat ni enostavno izvedljivo. Zelo veliko dejavnikov vpliva na izvedbo to-

vrstnega pouka. Naloga in delovni listi omogočajo delo v učilnici. Ne nadomeščajo klasične aktivnosti astronomije v naravi, a ponujajo metodo dela, ki je dokaj blizu realnemu raziskovanju. Naloga ponuja ogromno dejavnikov, s katerimi lahko delo zelo poenostavimo ali pa ga pripravimo, kot zahtevni del poučevanja.

Metoda omogoča kreativno delo v skupinah, kjer se razvija naravoslovna komunikacija. Interpretacija dogodkov in njihove napovedi pustijo dijaku veliko prostora za nova spoznanja. Poudarek je na branju diagramov in njihov smisel uporabe. Dijaki lahko pripravijo svoj model, ga zaklenejo in dajo v raziskovanje drugi skupini dijakov. Izmenjava idej, situacij in razprava po opravljenih nalogah krepijo naravoslovne kompetence tistih, ki so sistem pripravili, kot skupine, ki ga je raziskovala. Nalogo je mogoče pripraviti tudi za osnovnošolsko delo. Prvi rezultati na nivoju gimnazije so dali zelo zanimive rezultate, saj se poleg delovnih listov učitelja, pojavljajo tudi vprašanja in naloge sodelujočih dijakov.

Vsi diagrami in primeri so bili opravljeni novembra 2018 (oprema Vernier [5] in LoggerPro [6]).

## Literatura

- [1] G. Planinšič, *Aktivno učenje ob poskusih*, Ljubljana, DMFA - založništvo, Matematika-fizika, zbirka univerzitetnih učbenikov in monografij, 2010.
- [2] [en.wikipedia.org/wiki/Discoveries\\_of\\_exoplanets](https://en.wikipedia.org/wiki/Discoveries_of_exoplanets), ogled 22. 1. 2018.
- [3] [skupnost.sio.si/sio\\_arhiv/sirikt/www.sirikt.si/fileadmin/sirikt/predstavitve/2009/ZBORNIK\\_Sirikt2009.pdf](http://skupnost.sio.si/sio_arhiv/sirikt/www.sirikt.si/fileadmin/sirikt/predstavitve/2009/ZBORNIK_Sirikt2009.pdf), J. Pernar, 599-604, ogled 22. 1. 2018.
- [4] [www.vernier.com/products/sensors/light-sensors/1s-bta/](http://www.vernier.com/products/sensors/light-sensors/1s-bta/), ogled 22. 1. 2018.
- [5] [www.vernier.com/](http://www.vernier.com/), ogled 22. 1. 2018.
- [6] [www.vernier.com/products/software/lp/](http://www.vernier.com/products/software/lp/), ogled 22. 1. 2018.

× × ×