

**Fizikalni poskus kot sestavni del  
učenja fizike:  
Uvod v *ISLE***

Physics Experiment as an integral part  
of learning physics:  
Introduction to ISLE

Eugenia Etkina, Rutgers, The State University of New Jersey

[eugenia.etkina@gse.rutgers.edu](mailto:eugenia.etkina@gse.rutgers.edu)

Gorazd Planinšič, Univerza v Ljubljani

[gorazd.planinsic@fmf.uni-lj.si](mailto:gorazd.planinsic@fmf.uni-lj.si)

Stalno strokovno izobraževanje za učitelje fizike, FMF UL

21.11.2014

## Potek delavnice

- 15.15 - 15.25 - Uvod
- 15.25 - 15.45 - ISLE cikel – I: Logika ISLE
- 15.45 - 16.15 - ISLE cikel – II : Primer iz geometrijske optike
- 16.15 - 16.35 - Kako doseči, da LED sveti?
- 16.35 - 17.15 - Kako sta povezana tok skozi LED in napetost na njej?
- 17.15 - 17.30 - *Odmor s čajem in piškoti*
- 17.30 - 18.00 - LED in pretvorbe energije
- 18.00 - 18.45 - Zakaj uporabljamo LED za hišno razsvetljavo ?
- 18.45 - 19.00 - Povzetek in razmislek

## Workshops schedule

- 15.15 - 15.25 Welcome and Introductions
- 15.25 - 15.45 - ISLE cycle Part I: Logic of ISLE
- 15.45 - 16.15 - ISLE cycle part II: Example from ray optics
- 16.15 - 16.35 - How to light an LED?
- 16.13 – 17.15 - How are the current through an LED and voltage across it related?
- 17.15 - 17.30 - *Tea break*
- 17.30 - 18.00 - LED and energy conversions
- 18.00 - 18.45 - Why use LEDs to light up your house?
- 18.45 - 19.00 - Summary and Reflection

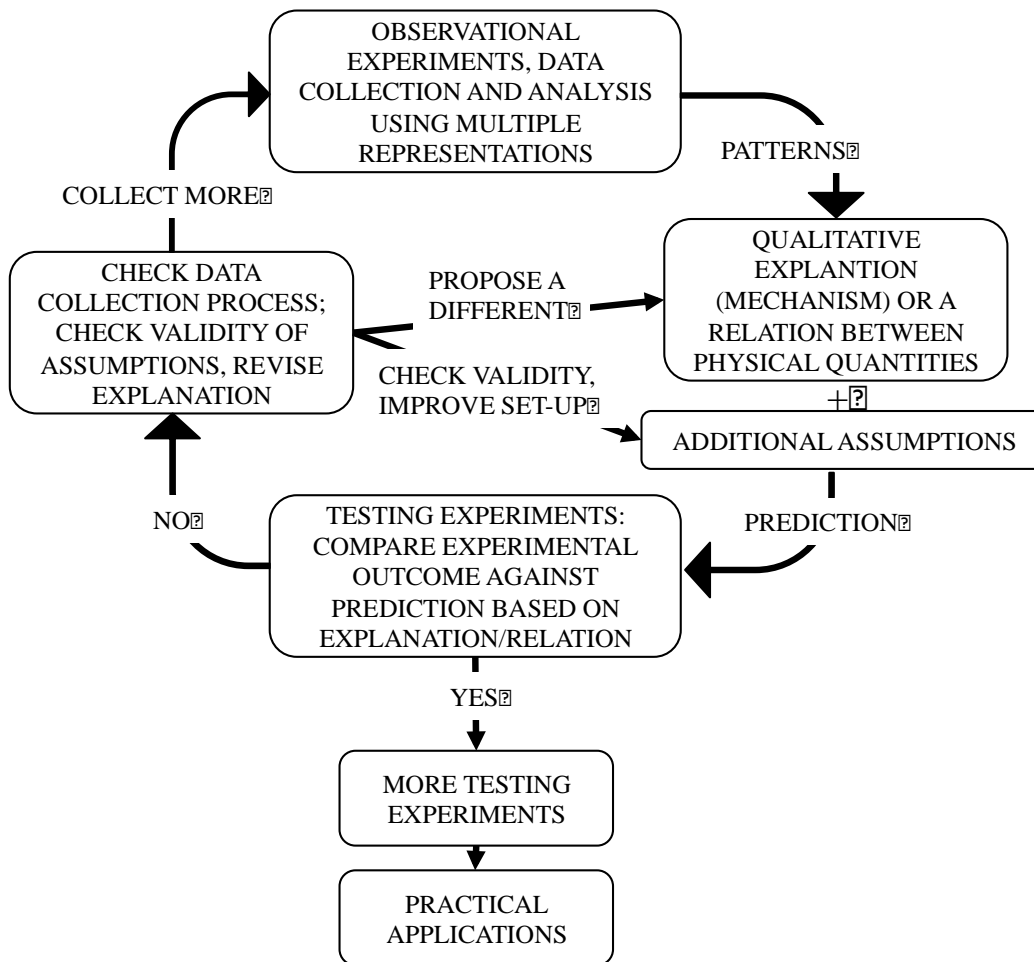
## ISLE cycle

### The ISLE Game

ISLE is a game that models the process by which physicists create their knowledge. The key to what makes it non-threatening is that it is like a mystery investigation. That is why we introduce ISLE with the “ten TVs” activity. Students construct physics concepts and develop science process abilities emulating the processes that physicists use to construct knowledge. The steps of the ISLE cycle proceed as follows: 1. Students observe some interesting physical phenomenon that needs explaining. 2. Students gather data about the phenomenon, identify interesting patterns and come up with multiple mechanistic explanations for why the phenomenon is happening. We say, “Come up with any crazy idea that could explain this” because we DO NOT want students to feel deeply emotionally attached to their ideas. 3. They then test their explanations by conducting one or more testing experiments. The primary goal is to *eliminate* explanations rather than “prove” them. This is key to the non-threatening nature of the process. In ISLE, “predicting” means saying what would be the outcome of the testing experiment if a particular hypothesis were true. Ideas that are not eliminated are kept and re-tested with further experimentation. Finally students apply the ideas they have established to solve real-world problems.

The cycle repeats twice, first qualitatively, then quantitatively.

One of the most important aspects of ISLE is that students WORK IN GROUPS AT EVERY STAGE OF THE CYCLE.



### Three components of ISLE

1. The first component is a cycle of logical reasoning that repeats for every new topic that is learned. The reasoning logic is a marriage of inductive and hypothetico-deductive reasoning:

**Inductive:** Observational experiments provide students with interesting data (and patterns) that need to be explained. Students generate *multiple* explanations based on prior knowledge and analogical reasoning.

**Hypothetico-deductive:** *If* this explanation is correct, *and* I do such and such (perform a testing experiment), *then* so and so should happen (prediction based on explanation). *But* it did not happen; *therefore* my idea is not correct (judgment). Or *and* it did happen *therefore* my idea has not been disproved yet (judgment).

2. The second component of ISLE is an array of representational tools that students learn to use to travel around the ISLE cycle and solve real-world problems (applications). These include: pictures, graphs, motion diagrams, force diagrams, impulse-momentum bar charts, work-energy bar charts, electric circuit diagrams, ray diagrams, wave front diagrams, etc.

3. The third component of ISLE is the development of a set of *scientific abilities* or scientific habits of mind that allow students to travel around the ISLE cycle and solve real-world problems (applications) by thinking like a physicist. Here is an example of a scientific ability that students develop in ISLE: *Students are able to identify assumptions they are making and how those assumptions affect a result.* Notice that this ability applies in multiple contexts. Assumptions are made in designing a testing experiment and may affect the outcome of that experiment or the conclusions that are drawn from that experiment. Assumptions are made when applying physics knowledge to solve a real-world problem (e.g., figure out how far a projectile will travel). The assumptions made will affect the result of the calculation when compared with the actual outcome (i.e., firing the projectile and seeing how far it actually went). The full set of scientific abilities and the multiple contexts in which they occur are codified in the *scientific abilities rubrics*.

Experiments play three distinct roles in ISLE:

1. Experiments that help students construct new ideas - OBSERVATIONAL EXPERIMENTS (students observe and collect data without making predictions);
2. Experiments that help students test the ideas that they just constructed - TESTING EXPERIMENTS (before conducting the experiment students make predictions using the newly constructed ideas and then compare the outcomes of the experiments to the predictions);
3. Experiments that help students apply tested ideas to solve practical problems or answer new questions in the same area - APPLICATION EXPERIMENTS.

## Opazovalni, testni in praktični poskusi: Primeri preprostih vezij z LED

V tem delu delavnice boste sodelovali v aktivnostih, ki so zasnovane po načelu ISLE ciklov. Delo bo potekalo po korakih, od preprostih opazovalnih poskusov, prepoznavanja vzorcev (*z besedo »vzorec« mislimo kakršnekoli pravilnosti ali značilnosti, ki jih zasledite pri opazovalnih poskusih*), oblikovanja razlag do testnih poskusov in praktičnih poskusov. Spoznali boste, kako lahko takšne korake uporabimo, da dijakom pomagamo usvojiti nekatere pomembne fizikalne pojme in znanja, povezana z delovanjem LED.

Ko boste poskuse ponovili v razredu, pazite, da uporabljate LED iz prozorne plastike (ne pa iz barvne plastike). Prav tako bodite pozorni, da ne boste presegli mejne vrednosti toka skozi LED, ki jo priporoča proizvajalec (običajno med 20 in 70 mA), ali pa mejne vrednosti napetosti v zaporni smeri (običajno okrog 5 V). V večini naših poskusov bomo uporabili napetostni vir z napetostjo 3 V, narejen iz dveh zaporedno vezanih 1,5 V baterij.

**POMEMBNO:** V naboru opreme, ki jo boste uporabljali, so rdeča, zelena, modra in bela LED. Belo, modro in zeleno LED lahko priključimo neposredno na 3 V. **Rdeče LED pa nikoli ne priključimo neposredno na 3 V, ampak jo na vir napetosti vedno vežemo zaporedno z upornikom** (v našem primeru zadostuje en  $22\Omega$  upornik).

### 1. Kako doseči, da LED sveti?

Oprema (vsaka skupina): Zelena LED, napetostni vir (3 V baterija),  $22\Omega$  upornik (uporabite en upornik z uporovne letvice (R-letvice)), žice in voltmeter. Pri tej aktivnosti ne uporabljajte ampermetra!

1. *Opazovalni poskusi.* Vzemite zeleno LED, napetostni vir, in žice. Cilj je prižgati LED. Preizkusite, kako na izid poskusa vpliva orientacija elementov vezja in opažanja zapišite.

2. *Vzorci in razlage.* Opišite vzorce, ki ste jih odkrili. Če lahko, predlagajte tudi razlago. Poskusite oblikovati več različnih razlag.
3. *Testni poskusi.* Predlagajte poskuse s katerimi bi lahko preverili vaše razlage. **POČAKAJTE Z IZVAJANJEM POSKUSOV!** Na podlagi vaših razlag najprej oblikujte napovedi izidov testnih poskusov. Nato izvedite poskuse in primerjajte izide z napovedmi.

## 2. Kako sta povezana tok skozi LED in napetost na njej

Oprema (vsaka skupina): Rdeča in zelena LED, žarnica, 3 V baterija, R-letvica, žice, ampermeter, voltmeter. Dodatna oprema (samo za učitelja): 9 V vir izmenične napetosti in 300  $\Omega$  upornik.

1. Ponovitev že usvojenega znanja: narišite graf toka v odvisnosti od napetosti za navaden upornik; narišite graf toka v odvisnosti od napetosti za volframovo žarnico. Tovrstnim grafom rečemo I-U karakteristike.
2. *Opazovalni poskusi.* Z uporabo naslednje opreme (LED, R-letvica, žice, 3 V baterija, ampermeter, voltmeter) načrtujte poskus (ali več poskusov) v katerem boste lahko spreminjali napetost na LED v razponu od -3 do +3 V. Nato z uporabo tega poskusa določite, kako je tok skozi LED odvisen od napetosti na LED. Pazite, da tok skozi LED ne bo večji od 75 mA! Opravite meritve in narišite I-U karakteristiko za LED.
3. *Vzorci.* Opišite značilnosti, ki jih opazite na grafu. Kaj lahko na podlagi grafa poveste o uporabi LED?
4. *Praktični poskus.* Uporabite pridobljeno znanje o uporabi LED za napoved izida naslednjega poskusa: LED in 300-ohmski upornik povežemo zaporedno na 9-V izmenični vir napetosti (9 V AC adapter). Predstavite svojo napoved grafično. Nato opazujte poskus, ki ga bo pokazal učitelj. Predlagajte izboljšavo poskusa tako, da bo obnašanje LED, ki je priključena na izmenično napetost, bolj vidno.

5. *Praktični poskus.* Ponovite postopek od 2. točke dalje, vendar tokrat uporabite LED drugačne barve (če ste prej delali z rdečo, zdaj uporabite zeleno LED). Kaj lahko poveste o zeleni in rdeči LED na podlagi njunih I-U karakteristik? Če vam čas dopušča, izmerite še I-U karakteristiko volframove žarnice.

### 3. LED in pretvorbe energije

Oprema: Rdeča, zelena, modra in bela LED, voltmeter, uporovna letvica, žice, 3V napetostni vir.

1. *Opazovalni poskus.* V dobro razsvetljeni sobi povežite LED z voltmetrom (brez uporabe baterije) in opazujte, kaj izmeri voltmeter.
2. *Razlaga.* Predlagajte razlago/e za ne-ničelno vrednost napetosti, ki jo pokaže voltmeter, čeprav v vezju ni baterije.
3. *Testni poskus.* Predlagajte testni poskus (ali več poskusov), s katerimi bi lahko preverili svoje razlage.
4. *Praktični poskus.* Uporabite razlago iz točke 3, ki je niste mogli ovreči ter svoje znanje o kvantni naravi svetlobe (kako je energija fotona odvisna od valovne dolžine svetlobe) in raziščite, kako barva in jakost svetlobe, ki vpada na LED (vaš detektor svetlobe) vplivata na izmerjeno napetost na njej. Raziščite, kaj se zgodi, če posvetite na detektor (LED povezano z voltmetrom) z LED, ki ima drugačno barvo kot LED povezana z voltmetrom.

### 4. Zakaj uporabljamo LED za hišno razsvetljavo

Namen te aktivnosti je zasnovati postopek za kvantitativno primerjavo energijske učinkovitosti LED in volframove žarnice kot virov vidne svetlobe.



Oprema: predelana bela LED (navodila za predelavo so spodaj; uporabili smo belo LED OptoSupply OSPW 5111P z največjim dovoljenim tokom 75 mA in svetilnostjo 50 cd), žarnica na žarilno nitko (uporabili smo volframovo žarnico Osram 3,5 V, 0,2 A), dve beli žogici za namizni tenis, 3 V napetostni vir, R-letvica, ampermeter, voltmeter, senzor za svetlobo (uporabili bomo Vernier lux meter).

*Praktični poskus*: Načrtujte postopek, s katerim boste lahko primerjali učinkovitost pretvorbe električne energije v svetlobno energijo za volframovo žarnico in belo LED.

### Nekaj praktičnih nasvetov

#### **Primerjava dveh virov svetlobe**

Primerjava dveh svetlobnih virov je lažja in bolj zanesljiva, če oba vira vstavimo v belo žogico za namizni tenis. Ta svetlobo razprši skoraj enakomerno po vsej svoji površini. Na ta način lahko primerjamo dve krogelni svetili, ki oddajata svetlobo približno enakomerno v vse smeri.

#### **Merjenje intenzitete svetlobe z Vernierjevim senzorjem svetlobe**

Ko primerjamo intenziteto svetlobe, ki jo oddajata dva vira, vsak v svoji žogici za namizni tenis, mora biti razdalja med senzorjem in žogico enaka pri obeh meritvah. Meritve si lahko olajšamo tako, da na svetlobni senzor prilepimo tulec iz debelejšega papirja, ki senzor tesno objema in sega približno 2 cm preko njegovega prednjega konca. Meritve lahko nato opravimo tako, da konec papirnatega tulca preprosto prislonimo ob žogico.

#### **Izdelava točkastega svetila iz običajne LED**

Večina komercialno dostopnih LED ima nad svetlobnim virom (p-n stikom) lečo iz epoksi smole. Ta svetlobo zbere v stožec, kar pomeni, da LED ne sveti enakomerno v vse smeri. S preprostim posegom lahko LED spremenimo v svetlobni vir, ki je dober približek točkastega svetila. Lečo odžagamo z žago za kovino, vendar ne predaleč stran od p-n stika (1 mm je dovolj). Zarez v novonastali površini se znebimo z brušenjem in poliranjem. Najprej uporabimo brusni papir večje grobosti (600) in zaključimo z bolj finim brusnim papirjem (1200). Na koncu površino spoliramo s polirno pasto ali belo zobno pasto, dokler ni videti povsem gladka in prozorna.

## VIRI ZA POMOČ PRI IMPLEMENTACIJI ISLE

- **Celovit ISLE program laboratorijskih vaj (z in brez uporabe odvodov in integralov)**

Spodnja povezava vsebuje laboratorijske vaje in rubrike za samo-evalvacijo učencev/dijakov/šudentov.

<http://paer.rutgers.edu/scientificabilities>

- **Zbirka ISLE video poskusov**

<http://paer.rutgers.edu/pt3>

Spletna stran vsebuje posnetke opazovalnih, testnih in praktičnih poskusov za uporabo v ciklih ISLE. Vsebuje tudi vprašanja za učence/dijake/šudente, eksperimentalne probleme in zanimive naloge iz obdelave podatkov. Stran je odprtega tipa, če pa želite uporabljati pomoč za učitelje, se morate registrirati.

- **Zbirka aktivnosti in rubrik za sprotno preverjanje višjih ravni razmišljanja.**

<http://paer.rutgers.edu/scientificabilities>

## Priporočena literatura

### **ISLE:**

Etkina, E. & Van Heuvelen, A. (2007) Investigative Science Learning Environment - A Science Process Approach to Learning Physics, in E. F. Redish and P. Cooney, (Eds.), Research Based Reform of University Physics, (AAPT), Online at [http://per-central.org/per\\_reviews/media/volume1/ISLE-2007.pdf](http://per-central.org/per_reviews/media/volume1/ISLE-2007.pdf).

### **Poskusi:**

Etkina, E., Van Heuvelen, A., Brookes, D. T., & Mills, D. (2002). Role of experiments in physics instruction – A process approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351-355.

### **Viri za uporabo LED pri pouku fizike in dodatni *ISLE* problemi:**

Planinšič, G. & Etkina, E. (2014) Light Emitting Diodes: Exploration of New Physics, *The Physics Teacher*, in press.

Etkina, E. & Planinsic, G. (2014). Light Emitting Diodes: Exploration of Underlying Physics, *The Physics Teacher*, 52 (4), 212-218.

Planinšič, G., & Etkina, E. (2014) Light Emitting Diodes: A hidden treasure, *The Physics Teacher*, 52 (2), 2014, 94-99.

Planinšič, G., Gregorcic, B., & Etkina, E. (2014) Learning and teaching with a computer scanner. *Physics Education*, 49 (5), 586 - 595.

Etkina, E., Planinšič, G., & Vollmer, M. (2013) A simple optics experiment to engage students in scientific inquiry, *American Journal of Physics* 81 (11), 815 - 822.

Planinšič, G. & Etkina, E. (2012) Bubbles that change the speed of sound. *The Physics Teacher*, 50 (8), 458-462.