**Gradiva za delavnico v okviru programa SSS za učitelje fizike**

**Uporaba primerov iz sodobne astrofizike v razredu**

**Priprava gradiv: Dunja Fabjan, Andreja Šarlah**

**Viri**

E. Etkina, M. Lawrence, delavnice iz fizike, astronomije in astrofizike v sklopu Astrophysics Summer Institute, The Rutgers Astrophysics Institute.

D. Prialnik, *An introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution*, Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2010.

##### Aktivnost 1

## Elementi ISLE pri obravnavi nastanka in razvoja zvezd

1. Preberite spodnji odstavek.
2. V skupini razpravljajte, kako potekajo posamezni elementi znanstvenega procesa v astrofiziki. V čem je ta process podoben in v čem se razlikuje od procesa v fiziki? Svoje ugotovitve zapišite na belo tablo.   
   *Elementi znanstvenega procesa so: opazovanje, iskanje vzorcev, postavljanje hipotez/razlag/modelov, zasnova testnih poskusov, oblikovanje napovedi izida testnih poskusov, izvedba testnih poskusov, sodba*

**What can we learn from observations?**

Astrophysics (the physics of stars) does not lend itself to experimental study, as do the other fields of physical science. We cannot devise and conduct experiments in order to test and validate theories or hypotheses. Validation of a theory is achieved by accumulating observational evidence that supports it and its predictions or inferences. The evidence is derived from events that have occurred in the past and are completely beyond our control. The task is rather similar to that of a detective. As a rule of thumb, a theory is accepted as valid (or at least highly probable) if it withstands two radically different and independent observational tests, and of course, so long as no contradictory evidence has been found.

Odstavek iz prvega poglavja (Observational background and basic assumptions) knjige *An introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution*, avtorica *Dina Prialnik.*

*(prevod v slovenščino)*

***Kaj se lahko naučimo iz opazovanj?***

*Astrofizika (fizika zvezd) se ne opira na eksperimentalno preučevanje kot ostala področja fizikalnih znanosti. Ne moremo načrtovati in izvajati poskusov, s katerimi bi preverjali in potrjevali teorije ali hipoteze. Potrditev teorije dosežemo z zbiranjem opazovalnih dokazov, ki podpirajo teorijo in njene napovedi ali sklepe. Dokaze zbiramo iz dogodkov, ki so se zgodili v preteklosti in na katere nimamo nobenega vpliva. Naša naloga je zelo podobna delu detektiva. Praviloma sprejmemo teorijo kot veljavno (ali vsaj zelo verjetno), če vzdrži dva zelo različna in neodvisna opazovalna preizkusa, ter seveda dokler ne najdemo nobenega nasprotujočega si dokaza.*

## Povezave med zvezdnimi parametri in Hertzsprung-Russellov diagram

Aktivnost je prirejena po E. Etkina, M. Lawrence, delavnice iz fizike, astronomije in astrofizike v sklopu Astrophysics Summer Institute, The Rutgers Astrophysics Institute.

### Predznanje za aktivnost

Črno telo, Stefanov zakon, Wienov zakon, temperatura površja zvezde, gostota svetlobnega toka, izsev; logaritem

### Uvod

Pri obravnavi zvezd smo določili nekaj osnovnih zvezdnih parametrov. Zanima nas, ali obstajajo med njimi povezave in ali jih lahko fizikalno obrazložimo. Zato bomo v astrofizikalnih podatkih raziskali prisotnost vzorcev.

### Opazovanja in modeli

Tabela s podatki: HR diagram – podatki.xlsx

V tabeli najdete različne vrste podatkov za 65 zvezd, ki se nahajajo v Sončevi okolici. Izsev **L**, polmer **R** in masa posamične zvezde **M** so podani glede na Sončeve vrednosti (LSun, RSun in MSun). Temperatura **T** je podana v Kelvinih.

Ker je razpon vrednosti obsežen, svetujemo, da jih prikažete v logaritemski skali. Grafe izrišete s programi kot so Microsoft Excel ali Open Office.

##### Aktivnost 2: masa – polmer

Po skupinah raziščite **povezavo med maso in polmerom**.

1. Uporabite podatke iz tabele in izrišite graf mase v odvisnosti od polmera. Na grafu prikažite na osi *y* maso ***M*** (v Sončevih masah), na osi *x* pa polmer ***R*** (izražen v Sončevih polmerih). Uporabite logaritemsko skalo za obe osi. Kaj opazite na grafu?
2. Predlagajte model, ki opiše glavni opaženi vzorec za zvezo med maso in polmerom zvezd. Navedite morebitne predpostavke, ki ste jih pri tem sprejeli.
3. Na grafu so lahko prisotni podatki, ki odstopajo od večine ostalih. V skupini razpravljajte o tem, kako bi lahko razložili odstopanja oziroma kaj nam ta odstopanja povedo o lastnostih zvezd.

Ob vsaki točki se v skupini pogovorite, svoja sklepanja in ugotovitve napišite na belo tablo.

##### Aktivnost 2: izsev – masa

Po skupinah raziščite **povezavo med izsevom in maso**.

1. Uporabite podatke iz tabele in izrišite graf izseva v odvisnosti od mase. Na grafu prikažite na osi *y* izsev ***L*** (izražen v Sončevih izsevih), na osi *x* pa maso ***M*** (v Sončevih masah). Uporabite logaritemsko skalo za obe osi. Kaj opazite na grafu?
2. Predlagajte model, ki opiše glavni opaženi vzorec za zvezo med izsevom in maso zvezd. Navedite morebitne predpostavke, ki ste jih pri tem sprejeli.
3. Na grafu so lahko prisotni podatki, ki odstopajo od večine ostalih. V skupini razpravljajte o tem, kako bi lahko razložili odstopanja oziroma kaj nam ta odstopanja povedo o lastnostih zvezd.

Ob vsaki točki se v skupini pogovorite, svoja sklepanja in ugotovitve napišite na belo tablo.

##### Aktivnost 2: temperatura – masa

Po skupinah raziščite **povezavo med temperaturo in maso**.

1. Uporabite podatke iz tabele in izrišite graf temperature v odvisnosti od mase. Na grafu prikažite na osi *y* temperaturo ***T*** (v Kelvinih), na osi *x* pa maso ***M*** (v Sončevih masah). Uporabite logaritemsko skalo za obe osi. Kaj opazite na grafu?
2. Predlagajte model, ki opiše glavni opaženi vzorec za zvezo med temperaturo in maso zvezd. Navedite morebitne predpostavke, ki ste jih pri tem sprejeli.
3. Na grafu so lahko prisotni podatki, ki odstopajo od večine ostalih. V skupini razpravljajte o tem, kako bi lahko razložili odstopanja oziroma kaj nam ta odstopanja povedo o lastnostih zvezd.

Ob vsaki točki se v skupini pogovorite, svoja sklepanja in ugotovitve napišite na belo tablo.

##### Aktivnost 2: temperatura – polmer

Po skupinah raziščite **povezavo med temperaturo in polmerom**.

1. Uporabite podatke iz tabele in izrišite graf temperature v odvisnosti od polmera. Na grafu prikažite na osi *y* temperaturo ***T*** (v Kelvinih), na osi *x* pa polmer ***R*** (v Sončevih polmerih). Uporabite logaritemsko skalo za obe osi. Kaj opazite na grafu?
2. Predlagajte model, ki opiše glavni opaženi vzorec za zvezo med temperaturo in polmerom zvezd. Navedite morebitne predpostavke, ki ste jih pri tem sprejeli.
3. Na grafu so lahko prisotni podatki, ki odstopajo od večine ostalih. V skupini razpravljajte o tem, kako bi lahko razložili odstopanja oziroma kaj nam ta odstopanja povedo o lastnostih zvezd.

Ob vsaki točki se v skupini pogovorite, svoja sklepanja in ugotovitve napišite na belo tablo.

##### Aktivnost 3: Hertzsprung-Russellov (HR) diagram

Po skupinah raziščite **povezavo med izsevom in temperaturo**.

1. Uporabite podatke iz tabele in izrišite graf izseva v odvisnosti od temperature. Na grafu prikažite na osi *y* izsev ***L*** (izražen v Sončevih izsevih), na osi *x* pa temperaturo ***T*** (v Kelvinih). Uporabite logaritemsko skalo za obe osi. Običajno astronomi izrišejo abscisno os temperature tako, da se vrednosti večajo v levo (namesto v desno). Svoj graf spremenite tako, da z dvojnim klikom izberete abscisno os in v meniju označite kvadratek “Vrednosti v obratnem vrstnem redu”. Nato kliknite “V redu”. Kaj opazite na grafu?
2. Predlagajte model, ki opiše glavni opaženi vzorec za zvezo med izsevom in temperaturo zvezd. Navedite morebitne predpostavke, ki ste jih pri tem sprejeli.
3. Na grafu so lahko prisotni podatki, ki odstopajo od večine ostalih. V skupini razpravljajte o tem, kako bi lahko razložili odstopanja oziroma kaj nam ta odstopanja povedo o lastnostih zvezd.

Ob vsaki točki se v skupini pogovorite, svoja sklepanja in ugotovitve napišite na belo tablo.

##### Aktivnost 4: Hertzsprung-Russellov (HR) diagram in vrste zvezd

Zvezde lahko razvrstimo z uporabo njihovega spektra svetlobe in temnih absorpcijskih črt v njem. Morgan-Keenanova klasifikacija razvršča zvezde na podlagi prisotnosti podobnih absorpcijskih črt (spektralni razred) in na podlagi njihove izrazitosti (izsevnostni razred).[[1]](#footnote-1)

1. Med podatki v tabeli je naveden izsevnostni razred posamične zvezde. Raziščite, kje na prej ustvarjenih grafih se nahajajo zvezde različnih izsevnostnih razredov. Razdelite jih v štiri skupine:

1. razred I-II,

2. razred III-IV,

3. razred V in

4. bele pritlikavke (white dwarfs).

2. Na dodatnem grafu izseva in temperature prikažite posamične skupine (v različnih barvah) oz. raziščite kje se pojavljajo različne skupine. Na belo tablo narišite območja grafa, kjer najdete različne razrede.

3. Katere značilnosti prepoznate v zvezdah teh različnih razredov?

1. Če vas zanima klasifikacija zvezd si oglejte spletno animacijo <https://astro.unl.edu/classaction/animations/light/spectrum010.html>. [↑](#footnote-ref-1)