

Observatorij Vere C. Rubin

Mirko Kokole

Pregledne raziskave celotnega neba so izjemnega pomena za astronomijo. Do danes jih je bilo narejenih že veliko, celotno nebo je bilo tako pregledano že v vseh delih elektromagnetnega spektra. A takšne raziskave, kot jo bodo izvedli na novem observatoriju, poimenovanem po astronomki Veri Cooper Rubin, še ni bilo. Pričakovati je, da bo njen prispevek k znanosti izjemen. Raziskava, ki se imenuje LSST (Legacy Survey in Space and Time, Zapuščinski pregled v prostoru in času), bo posnela celotno južno zvezdno nebo vsake tri dni in to bo počela deset let. Ob koncu bomo imeli na voljo dinamično sliko celotnega južnega neba v veliki ločljivosti, nekakšen astronomski film, kako se vesolje spreminja v času. S pomočjo teh podatkov bomo lahko raziskovali temno snov in temno energijo, asteroide in druge manjše objekte našega Osončja.



Posnetek Observatorija Vere C. Rubin na vrhu gore Cerro Pachón. Na sliki vidimo dokončano stavbo observatorija s kvadratasto kupolo, v kateri se nahaja teleskop. Gora Cerro Pachón se nahaja na severu Čila na enem od najprimernejših krajev na Zemlji za optična astronomska opazovanja, ker je tam izjemno majhno število oblačnih noči. To je posledica velika nadmorske višine – več kot 2.600 metrov – in izjemno majhne zračne vlage. Zanimivost tega observatorija je, da so velika zrcala teleskopa dokončali v stavbi observatorija, kjer imajo vakuumске pečī, v katerih odbojno plast naparijo na stekleno podlago. Foto: Olivier Bonin/SLAC National Accelerator Laboratory.

Observatorij Vere C. Rubin, ki se je prvotno imenoval LSST (Large Synoptic Survey Telescope, Veliki sinoptični preiskovalni teleskop), je zgrajen na vrhu gore Cerro Pachón, ki je visoka 2.715 metrov. Cerro Pachón je gora v severnem Čilu, kjer se nahajajo tudi drugi teleskopi, kot Gemini South in SOAR. To območje je eno od najprimernejših območij na Zemlji za opazovanje z optičnimi teleskopi. Tam je izjemno stabilno vreme z malo oblačnimi nočmi. Nizka zračna vlaga in visoka nadmorska višina še dodatno prispevata h kakovosti astronomskih opazovanj. Pri snovanju observatori-

ja so sodelovali znanstveniki, inženirji ter industrija iz Združenih držav Amerike in Evrope. Optični del teleskopa, kot so zrcala in kamera, so izdelali Američani, v Evropi pa mehanski del teleskopa. Podatkovnoprocesna središča za obdelavo podatkov, ki jih bo proizvedel observatorij, se nahajajo tako v Evropi kot v Združenih državah Amerike. Veliki sinoptični preiskovalni teleskop so preimenovali v Observatorij Vere C. Rubin leta 2019 v čast in spomin na izjemno ameriško astronomko Vero Cooper Rubin. Vera Rubin se je rodila leta 1928 in umrla leta 2016. Znana je predvsem po raziskavah,



Simonyijev pregledovalni teleskop (Simonyi Survey Telescope, SST) je poimenovan po družini ameriškega milijonarja Charlesa Simonyija, ki je s svojo donacijo veliko prispevala k uspešni izdelavi zrcal. Optično je teleskop tipa Eisenberg-Pearson. Sestavljen iz treh zrcal, pri čemer sta primarno in terciarno zrcalo narejena iz enega kosa stekla. Tak optični sistem je izjemno kompakten in optično popravlja vse napake – tako sferične napake kot tudi komo in astigmatizem. Zaradi svoje kompaktnosti se lahko teleskop zelo hitro in natančno premika in usmerja svoj pogled, kar nam omogoča, da lahko naredimo izjemno veliko slik v eni opazovalni noči. Foto: RubinObs/NSF/AURA/A. Alexov.

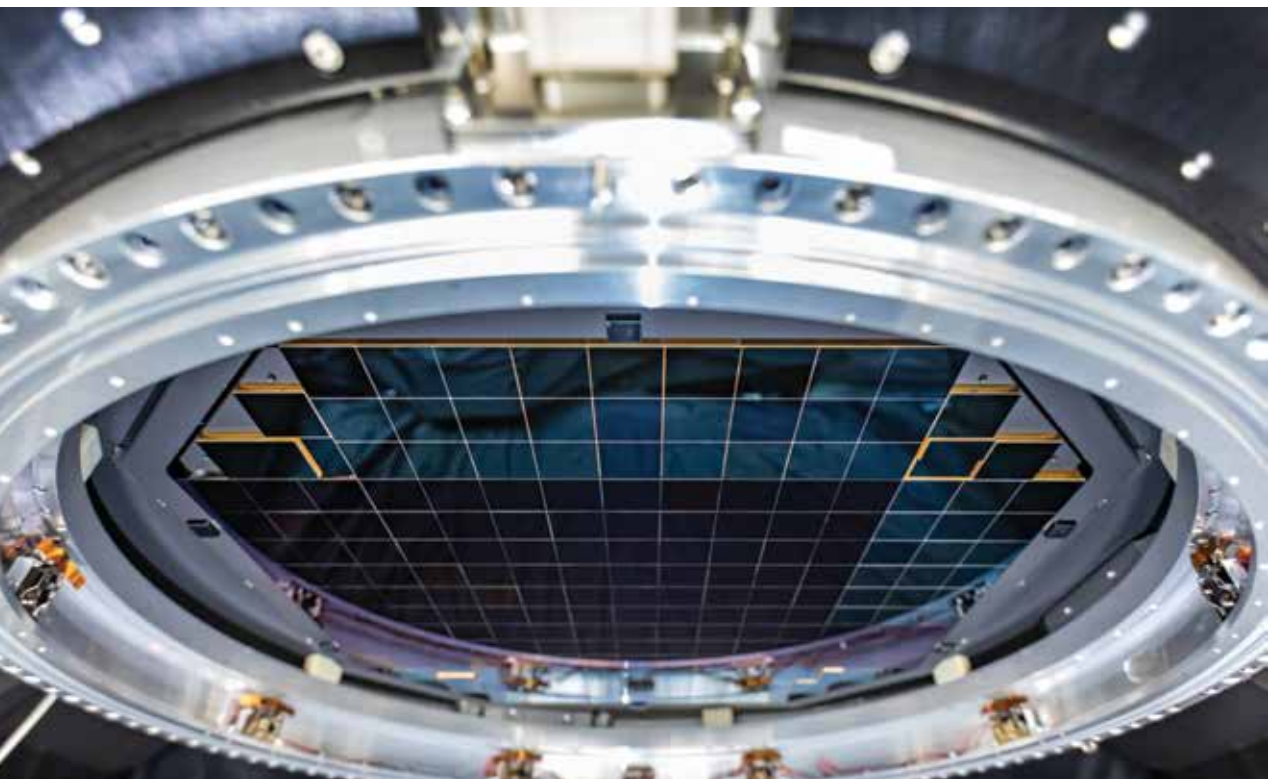
kako se gibajo zvezde v galaksijah. Njeni rezultati so pokazali, da hitrost zvezd, ki so bolj oddaljene od središča galaksije, ne ustreza hitrosti, ki jo napove teorija gravitacije. Na podlagi teh opazovanj so astronomi domnevali, da morajo imeti galaksije bistveno večjo maso, kot smo mislili nekoč. To maso so poimenovali temna snov. Kaj je temna snov, še danes ne vemo, vemo le to, da vstopa v stik z navadno snovjo le preko gravitacijske sile. Vera Rubin je znana tudi kot izjemna zagovornica žensk v znanosti. Njena znanstvena pot je bila izjemno težavna, pogosto prav zato, ker je bila ženska. A Vera Rubin ni popustila, saj je bila trdno prepričana, da morajo imeti ženske v znanosti enake pravice. To mnenje je vztrajno zagovarjala vse do konca svojega življenja.

Observatorij Vere C. Rubin je tako prvi veliki astronomski observatorij, ki je poimenovan po ženski. Rubinin observatorij, kot ga ponavadi imenujejo tam zaposleni, je tudi veliki zagovornik prepričanja, da mora biti znanost dostopna vsem, ki se z njo želijo ukvarjati.

Observatorij Vere C. Rubin je resnično izjemen observatorij. Čeprav primarno zrcalo teleskopa ne bo največje na svetu, bosta to odtehtali do sedaj še nedosežena hitrost opazovanj in količina podatkov, ki jih bo teleskop zbral v obdobju svojega delovanja. Teleskop bo namreč posnel celotno nebo v le treh do štirih dneh, kar pomeni, do bo moral posneti velik del neba naenkrat ter narediti zelo veliko posnetkov v eni noči. Za tako delovanje potrebujemo teleskop,

Dokončana kamera LSST (Legacy Survey in Space and Time, Zapuščinski pregled v prostoru in času), ki trenutno drži dva Guinnessova rekorda – za največjo optično lečo ter največji detektor CCD na svetu. Premer primarne leče je 1,55 metra, detektor CCD pa ima kar 3,2 gigapiksllov. Sestavljen je iz mreže 189 manjših detektorjev, ki ima vsak po 16 megapiksllov. Detektorji so vgrajeni v module, ki vsebujejo vsak po devet detektorjev. Vsak modul vsebuje poleg detektorjev tudi vso pripadajočo elektroniko. V končni postavitvi je med detektorji le nekaj desetink milimetra razmika. Vsi detektorji skupaj tvorijo ravnino, ki mora biti izjemno ravna, da ne prihaja do nepravilnosti pri zaznavanju.

Foto: Jacqueline Ramseyer Orrell.



katerega mehanika je izjemna in se premika z veliko hitrostjo in natančnostjo.

Optično je teleskop tipa Eisenberg-Pearson, ki ga sestavljajo kar tri zrcala. Primarno in terciarno zrcalo sta narejena iz enega kosa stekla, kar je bilo pri osmih metrih premera izjemen inženirski dosežek. Sekundarno zrcalo in kamera sestavljata drugi optični sklop teleskopa. Teleskop nima sferičnih napak, kome in astigmatizma ter ima izjemno veliko vidno polje. Teleskop so poimenovali Simonyijev pregledovalni teleskop (Simonyi Survey Telescope) po Lisi in Charlesu Simonyiju, ki sta s svojo radodarno donacijo poleg Billa Gatesa pomembno prispevala k izdelavi zrcal teleskopa.

Poleg zrcal in mehanske strukture je srce teleskopa detektor oziroma kamera. Kamera LSST (Legacy Survey in Space and Time, Zapuščinski pregled v prostoru in času) je tako kot teleskop izjemen inženirski dosežek in ima tudi kar dva Guinnessova rekorda. Za prvega je zaslužen največji detektor, ki ima kar 3,2 gigapiksla (giga = 10^9). Za primerjavo povejmo, da imajo največji detektorji CCD (Charge Coupled Device) v prodaji približno 16 megapikslov (mega = 10^6).

Senzor CCD kamere LSST je sestavljen iz mreže kar 189 manjših senzorjev. Da so lahko sestavili tako velik detektor, so manjše senzorje s 16 megapiksli sestavili v 3 x 3 module - vsakega je mogoče posebej montirati in servisirati. Vsak tak modul poleg devetih senzorjev CCD ima tudi vso pripadajočo elektroniko, temperaturni nadzor in hlajenje. V končni mreži senzorjev je razdalja med posameznimi senzorji le nekaj desetink milimetra in vsi skupaj tvorijo popolnoma ravno površino. Detektor kamere LSST bo lahko posnel kos neba v velikosti kar 3,5 ločne stopinje, kar je zelo veliko. Za primerjavo, Sonce in Luna imata navidezno velikost približno pol ločne stopinje.

Drugi Guinnessov rekorder je optična leča kamere. Je največja, njen premer je kar 1,55 metra. Optični del kamere sestavljajo trojček

leč in šest optičnih filtrov, ki jih izmenično uporabljajo in omogočajo zaznavanje valovnih dolžin od 330 do 1080 nanometrov - se pravi, od modre svetlobe do bližnje infrardeče svetlobe.

Da dosežemo zelo nizek šum meritev, mora biti senzor CCD hlajen na zelo nizko temperaturo, kar -100 stopinj Celzija. Zato so celotno kamero zgradili kot vakuumsko posodo. Ker mora biti kamera čim bolj lahka, so morali inženirji uporabiti veliko znanja. To je bil izjemen dosežek.

Kamera bo delala dvakrat po petnajstsekundne posnetke neba z dvajsetsekundnim presledkom, v katerem se mora teleskop postaviti v nov položaj ter podatke prenesti iz detektorja.

Poseben izziv, s katerimi se bo moral soočiti Observatorij Vere C. Rubin, je izjemno velika količina podatkov, ki jih bo zagotavljala kamera LSST. Vsako leto bo zbranih kar 1,23 petabajta (peta = 10^{15}) podatkov. V ta namen so bila zgrajena kar tri podatkovna središča, dve v Evropi in eno v Združenih državah Amerike. Predvidena procesorska moč podatkovnega središča je 250 teraflops (250×10^{12} operacij s plavajočo vejico na sekundo) in 100 petabajtov shranjevalnega prostora. Opozorila o novih objektih, ki jih je zaznal teleskop, bodo na voljo raziskovalcem le 60 sekund po tem, ko bo teleskop sliko posnel. Tako izjemno hitrost lahko dosežemo le z uporabo tehnik strojnega učenja, ki izjemno hitro slike pregledajo, odstranijo napake in zaznajo potencialno nove objekte. Povejmo tudi, da se Observatorij Vere C. Rubin v duhu astronomke, po kateri je poimenovan, trudi, da bi bili vsi podatki dostopni čim širši javnosti - tako poklicnim astronomom kot tudi amaterjem. Zato so razvili zelo uporaben nabor funkcij, s katerimi lahko dostopamo do podatkov. Tako si bo lahko skoraj vsak ne glede na tehnično znanje razmeroma zlahka pridobil podatke in jih obdelal po svoji želji.

Sedaj se lahko vprašamo, kakšni so še znanstveni cilji raziskave Zapuščinski pregled v

prostoru in času. Med najpomembnejšimi je seveda raziskovanje temne snovi in temne energije. Ker bomo ob koncu desetletja opazovanj imeli na voljo izjemne časovno odvisne podatke o skoraj nepredstavljenem številu zvezd in galaksij v našem vesolju, bomo lahko ugotavljali, kakšna je porazdelitev temne snovi v naši in drugih galaksijah. To nam bo morda pomagalo, da bi le ugotovili, kaj temna snov pravzaprav je.

Rubinin observatorij bo zaznal tudi izjemno veliko število izbruhov supernov v vesolju. Astronome predvsem zanimajo supernove tipa Ia, ki služijo kot standardni svetilniki. To so taki objekti, za katere lahko iz opazovanj in teorije natančno določimo njihovo absolutno magnitudo, to pa nam posledično pove, kako daleč od nas je ta objekt. Ko

enkrat vemo, kako daleč je objekt, lahko s spektroskopskimi opazovanji določimo še, kako hitro se giba. Skupaj nam ta dva podatka povesta veliko o tem, kako se vesolje širi, kar je neposredno povezano s temno energijo.

Rubinin observatorij bo seveda zaznaval tudi druge prehodne pojave. Ker bo naredil izjemno veliko posnetkov, obstaja upanje, da nam bo uspelo v vidni svetlobi zaznati kakšno združitev dveh črnih lukenj, ki jih trenutno zaznavamo le v observatorijih za gravitacijske valove.

Poleg kozmoloških opazovanj bo Observatorij Vere C. Rubin tudi zelo povečal število poznanih objektov v našem Osončju, predvsem v Kuiperjevem pasu, kjer se nahaja tudi pritlikavi planet Pluton. Pričakujemo tudi

povečano zaznavanje novih kometov in manjših asteroidov v bližini Zemlje, tudi takih, ki bi morda lahko v prihodnosti trčili z Zemljo. Kot vidimo, bo Observatorij Vere C. Rubin resnično imel izjemen vpliv na razvoj astronomije. A je kljub temu njegovo uspešno delovanje trenutno resno ogroženo. Ogroženo pa je, ne kot bi si morda



Čeprav morda tega ni nihče pričakoval, so največja nevarnost uspešnega obratovanja Observatorija Vere C. Rubin mikrosateliti v nizki Zemljini orbiti. Mikrosateliti so sicer zelo majhni, njihovo število je izjemno veliko, zelo močno odbijajo Sončevo svetlobo ter tako motijo astronomska opazovanja. Slika je sestavljena iz več krajših posnetkov, narejenih v približno pol ure. Na sliki vidimo satelite Starlink podjetja SpaceX, v ozadju pa je ozvezdje Kasiopeje.

Foto: Jeff Warner.

