

Kako nastajajo planeti?

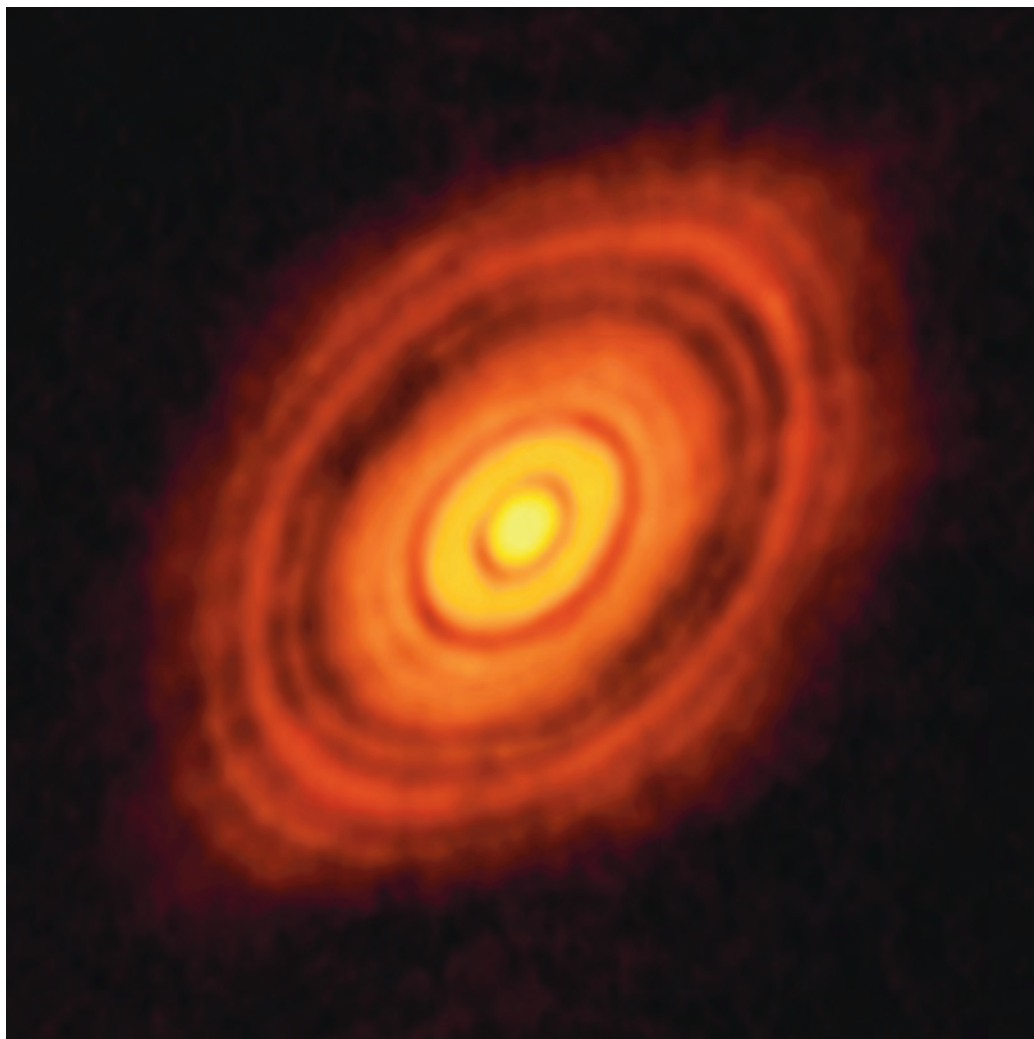
Janez Strnad

Slika, ki so jo posneli astronomi s skupino radijskih anten ALMA, je zbudila veliko pozornost. Ob njej se dotaknemo nastanka planetov in anten ALMA.

Planeti

Zvezda nastane iz ogromnega *molekulskega oblaka*, ki ga sestavljajo molekule plina in zrnca vesoljskega prahu. V plinu so zastopani vodik, helij, sledi drugih elementov ter

Znamenito sliko protoplanetnega diska zvezde HL Tauri z dobro vidnimi vrzelmi so dobili s skupino anten ALMA.
Vir: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), NSF.



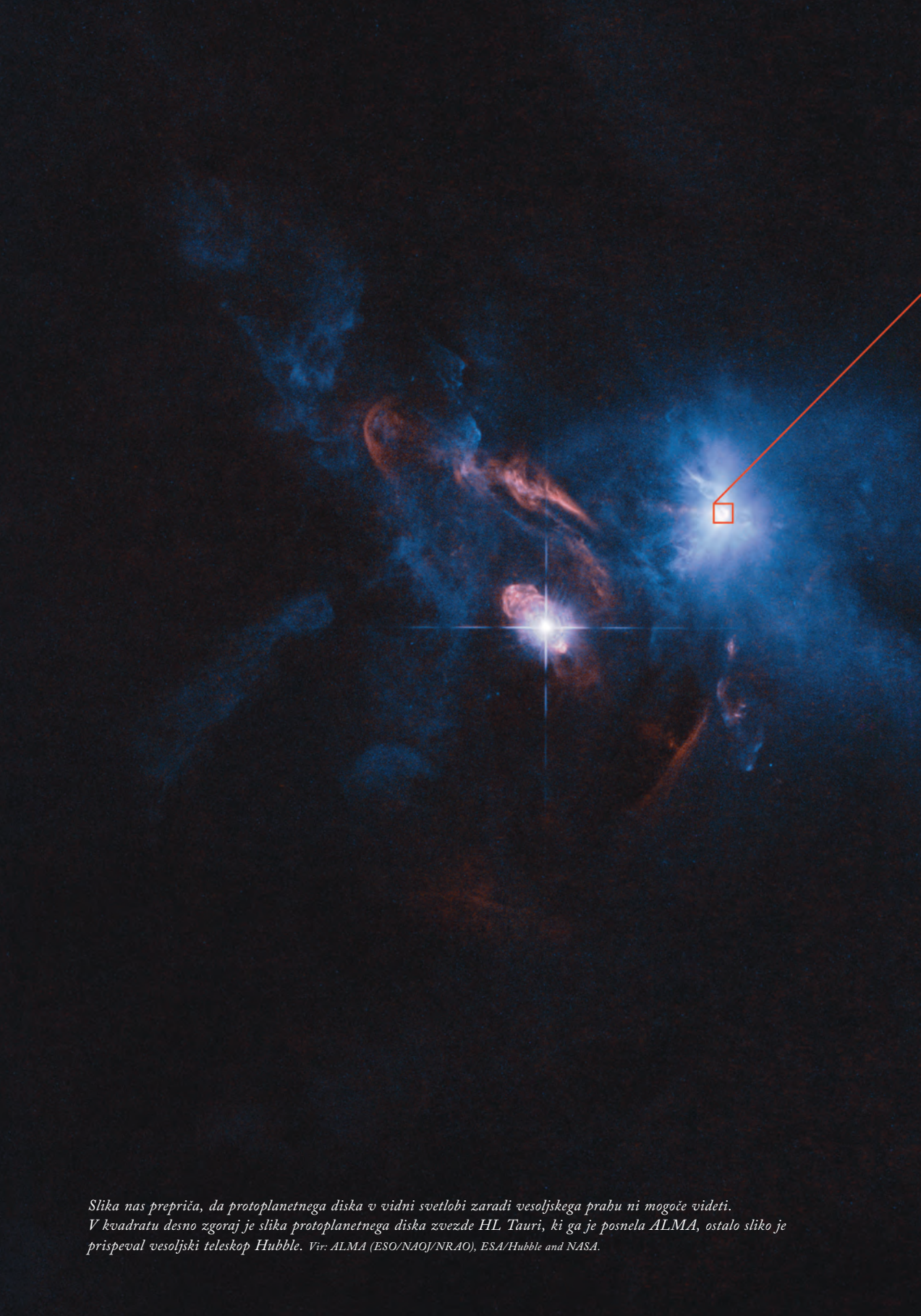
voda, ogljikov oksid, ogljikov dioksid, formaldehid in podobne spojine, ki so pri nizki temperaturi zmrznjene v led. Prah vsebuje silikate z magnezijem in železom. Podolgovata zrnca prahu imajo premer dveh desetisočin milimetra in manj. Oblak postane neobstoje, ko preseže določeno maso. Pri temperaturi kakih dvesto stopinj pod ničlo in tlaku, manjšem kot v visokem vakuumu v laboratoriju, so to maso ocenili na 15 tisoč Sončevih mas.

Zaradi gravitacije se deli oblaka z maso več deset Sončevih mas zgoščajo hitreje kot okolni deli. Sredi take zgostitve nastane zasnova zvezde, *protozvezda*. V zgostitvi snov proti težišču ne pada z vseh strani enako, zato se začne vrteti. Ob krčenju se vse hitreje vrtilni in se zbira v ravnini, pravokotni na vrtilno os, v *protoplanetni disk*. Zgošča se tudi magnetno polje, ki je sprva zelo šibko. V osrednjem delu naraste temperatura in atomi in molekule se razdelijo na ione in elektrone. V magnetnem polju nastaneta curka hitrih nabitih delcev v smeri vrtilne osi na eno in na drugo stran ravnine diska. S curkoma odteka v okolico vrtilna količina in magnetno polje. Protoplanetni disk s svojim delovanjem zavira vrtenje osrednjega dela in s tem omogoči, da se ta nadalje krči in gosti. Če bi se zelo hitro vrtil, se ne bi mogel razviti v protozvezdo. V protozvezdi zaradi energije, ki se sprošča ob padanju snovi nanjo, narašča temperatura. Nazadnje postane tako visoka, da se začnejo vodikova atomska jedra zlivati v helijeva jedra in iz protozvezde nastane zvezda. Trajanje tega razvoja cenijo na deset milijonov let.

Protoplanetnega diska v vidni svetlobi ni mogoče opazovati, ker ga zastira prah, ki absorbira vidno svetlobo. Mogoče pa ga je opazovati z radijskimi valovi z valovno dolžino milimetra in manj, ki jih prah veliko manj absorbira. Te valove sevajo molekule pri prehodih, pri katerih se spremeni njihovo vrtenje. V protoplanetnem disku nastanejo planeti. Delci prahu se gibljejo okoli protozvezde in trkajo drug z drugim. Ob

trku se delca odbijeta, če se gibljeta z veliko hitrostjo drug glede na drugega, ali sprime, če se gibljeta z majhno. Nekateri delci nabirajo snov iz okolice in rastejo. V prvem koraku nastanejo *planetezimali* s premerom nekaj kilometrov, v drugem *planetni zarodki* z maso stotine do desetine mase Zemlje in v tretjem *planeti*. Pri nastanku planetezimalov imajo odločilno vlogo privlačne sile med molekulami in sile med naelektrenimi delci. Pri trkih planetezimalov prevzame glavno vlogo gravitacija. Pogostost trkov je večja v bližini zvezde in tam planetezimali hitreje rastejo kot dlje od nje. Večja telesa z gravitacijo bolj privlačijo telesa iz okolice in hitreje rastejo. V nekaj sto tisoč letih se izoblikuje deset do sto razmeroma velikih planetnih zarodkov z maso do stotine Zemljine mase. Ko zarodki zberejo večino mase iz svoje okolice, postane rast počasnejša. V osrednjem delu diska blizu zvezde, kjer je temperatura višja in snov gostejša, se razvijejo kamniti planeti z razmeroma majhno maso, ki ne morejo zadržati vodika in helija. Zaradi energije, ki se sprosti ob krčenju in ob padanju snovi na planetne zarodke, se snov stali. V talini se sestavine z večjo gostoto s precejšnjim deležem železa zberejo na sredi v *jedru*. Od njega se ločijo silikati z manjšo gostoto in se naberejo v vrhnjih plasteh. Sčasoma se zaradi ohlajanja snov na površju začne strjevati in nastane trdna *skorja*. Tako so v Osončju nastali notranji planeti Merkur, Venera, Zemlja in Mars. V obrobem delu oblaka, kjer je temperatura nižja in snov redkejša, nastanejo planeti z veliko vodikom in helijem z veliko maso, *plinski velikani*. Tako so v Osončju nastali zunanji planeti Jupiter, Saturn in Neptun. Mlada zvezda oddaja gost zvezdni veter, ki skupaj s svetlobo z zvezde v milijonu do desetih milijonih let preostanek oblaka odpihne v vesolje.

Zapleteni pojavi, ki smo jih opisali drugega za drugim, delno potekajo vzporedno. Ti pojavi spominjajo na *meglično domnevo* o



Slika nas prepriča, da protoplanetnega diska v vidni svetlobi zaradi vesoljskega prahu ni mogoče videti. V kvadratu desno zgoraj je slika protoplanetnega diska zvezde HL Tauri, ki ga je posnela ALMA, ostalo sliko je prispeval vesoljski teleskop Hubble. Vir: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), ESA/Hubble and NASA.





nastanku Osončja iz 18. stoletja. Emanuel Swedenborg jo je postavil po razmisleku, razvil pa Immanuel Kant. Z mehničnega stališča jo je teoretično obdelal Pierre-Simon Laplace. Z njo je pojasnil, da vsi planeti Osončja krožijo okoli Sonca v isti smeri, kot se vrtil Sonce. To velja tudi za vrtenje planetov z izjemo Venere. Vsi planeti se gibljejo okoli Sonca približno po krožnicah in skoraj v isti ravnini. Domneva je doživela vzpone in padce. Nekaj časa je bila na slabem glasu, češ da ne more pojasniti, zakaj je skoraj vsa vrtilna količina Osončja zbrana v planetih in je ima Sonce zelo malo.

ALMA

Evropske države, Združene države Amerike, Kanada, Japonska, tajvanska Kitajska in Čile so ustanovile Atakamsko veliko milimetrsko anteno (ALMA, Atacama Large Millimeter/submillimeter Array). Ta največja astronomska naprava na Zemlji je stala skoraj poldrugo milijardo dolarjev. Stoji v puščavi Atakama na visoki planoti Chajnantor na severu Čila na nadmorski višini 5.000 metrov. Tam je zrak dovolj redek in dovolj suh, da prepušča radijske valove z valovno dolžino navzdol do 0,3 milimetra. Sestavlja jo 54 dvanajstmetrskih in 12 se-



demmetrskih paraboloidnih radijskih anten. Za prevoz 115-tonskih anten z vznožja na višini 2.900 metrov na višino 5.000 metrov so v Nemčiji izdelali dve posebni 130-tonski 20 metrov dolgi vozili z 28 kolesi. (Voznik je imel ob sebi posodo s kisikom.) Antene so povezane z optičnimi kabli in so premične, da je mogoče spreminjati razdalje med njimi od 150 metrov do 16 kilometrov. Napravo so začeli graditi leta 1997, v celoti pa deluje od pomladi leta 2013. Zgradili so jo z namenom, da bodo raziskovali nastanek zvezd in planetov.

Antene ALMA pod urokom Magellanovih oblakov.

Vir: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), ESO/C. Malin (christophmalin.com)/B. Tafreshi (twanight.org)/José Francisco Salgado (josefrancisco.org).

Zamisli o razvoju zvezd in planetov so v glavnem izšle iz teorije. Zares so računalniške simulacije na podlagi modelov dale zadovoljive rezultate. Vendar je slika, ki so jo objavili na začetku novembra, zbudila pravo navdušenje. Pokazala je, kako ločljive slike lahko da ALMA. Še pomembneje je, da je slika neposredno podprla zamisel o nastanku planetov v protoplanetnem disku. Razločno kaže protoplanetni disk okoli mlade zvezde HL Tauri s približno maso Sonca v ozvezdju Bika v oddaljenosti 450 svetlobnih let. Ravnina diska je skoraj pravokotna na smer opazovanja. Disk ima polmer, ki približno ustreza dvojni razdalji Neptuna od Sonca. V disku so dobro vidne vrzeli. Po vsej verjetnosti so nastale, ko so planetni zarodki na poti okoli zvezde pritegnili snov iz neposredne okolice. (Nekatere od vrzeli so lahko posledica resonance zaradi sil zvezde in katerega od zarodkov.) Kaže, da je bilo Osončje, ki je staro štiri in pol milijarde let, tako pred dolgim časom. Slika je obšla veliko revij in splet. Pisali so o »revolucionarni« in »fenomenalni sliki«, o »najosupljivejšem pogledu na nastanek planetov«, da je slika takšna, »kot bi jo narisal umetnik ali bi jo dala računalniška simulacija«. Presenetljivo je, da HL Tauri ni stara veliko več kot milijon let, nekateri celo menijo, da je stara manj. Pri tako mladi zvezdi bi pričakovali gladek disk brez vrzeli. Slika pa kaže, da se planeti razvijejo v krajšem času, kot so mislili. To utegne pomeniti, da so planeti pogostejši spremljevalci zvezd, kot je veljalo doslej. Vseh podrobnosti še ne poznajo. Slika z odlično ločljivostjo antene ALMA bo vsekakor spodbudila nadaljnje raziskovanje.