

Südametuksetähed

Suur osa tähti ei veeda maailmaruumis oma aega üksinda, vaid neil on kaaslased. Tüüpiliselt on see teine täht, aga on ka juhtumeid, kus kaaslaseks on näiteks must auk.

JAAN PELT

Kindlasti olin juba poole oma elust ära elanud, kui hea kolleeg Bill Vince viis mind Inglismaal Cornwallis asuvat Fowey jõge vaatama. Porilompides ja nende vahel mudas poolpikali olevaid paate nähes olin jahmunud. Meile, Läänemere ümbruse asukatele on edasi-tagasi voolavad jõed, tõusu- ja mõõnalained üsna tundmatud asjad. See, et Kuu, Päike ja Maa omavahel võisteldes raskusväljaga igasuguseid vigureid teevad, on ookeaniäärsetele rahvastele tuttav ja ka väga tähtis.

Tegemist on tõesti võimsate protsessidega ja suurte veehulkade liigutamiseks kulub palju energiat. Aga millist energiat? Kus on need patareid, mis aja jooksul tühjaks jooksevad, nii et kõik lõpuks maha rahuneb? Osutub, et patarei on meie jalge all. Loodejõudude tõttu maakera pöörlemine aeglustub ja tema pöördemoment kandub üle Kuule ja Päikesele. Vaatluslikult, kasutades tsüanobakterite jäänuskihtide lugemist settekivimites on kindlaks tehtud, et viimase 620 miljoni aasta jooksul on Maa pöörlemine aeglustunud, koos sellega on päeva pikkus kasvanud 21-lt tunnilt 24-le. Seega on loodenähtused, nagu iga muu asi siin ilmas, ajutised.

Just see asjaolu – loodenähtuste ajaline piiratus oli see, mis pani astronoomi arvama, et nn südametuksetähti ei ole üldse olemas, või kui on, siis on nad nii haruldased, et nende avastamise tõenäosus on tühine. Ometi on nad olemas ja neid on juba avastatud sadakond ja rohkem.

Ellipsoidid, planeedid, Johannes Kepler ja eriülesandega Kepler

Ellipsite, üldisemalt koonuslõigete, matemaatiline teooria on õige vana. Praegu on teada, et kreeklane Menaechmus tegeles nendega juba 350–360 aastat enne meie aega.

Hilisemad tööd on paremini tuntud ja ka autorite nimed: Aristaeus, Eukleides, Archimedes ja Apollonius. Just Apolloniuse teos „Koonuslõiked“ – suuresti araablaste

abiga – tõi teadmised ellipsite, hüperboolide ja paraboolide kohta uusaja Euroopasse. Johannes Kepler oli matemaatik, astronoom ja astroloog, kes kasutas esimesena ellipseid päikesesüsteemi planeetide orbiitide kirjeldamiseks. Kuigi koonuslõiked olid klassikalises maailmas tuntud, sundisid filosoofilised lähtekohad kasutama ringe planeetide orbiitide kirjeldamiseks. Selleks et planeedi liikumise teooriat vaatlustega kokku saada, pidi Ptolemaios kokku sobitama mitu ringi. Isegi Kopernikus kasutas, nüüd küll juba uutest filosoofilistest printsiipidest lähtudes, orbiitide kirjeldamiseks ainult ringe.

Kepleri kasutatud, tollal innovatiivsed ellipsid olid tegelikult väga ringitaolised. Nii erineb Maa orbiit lähimast ringist maksimaalselt vaid 1,7 protsenti. Kepleri põhiliseks uurimisobjektiks olnud Marsi orbiidi kõrvalekalle ringist on mõnevõrra suurem – 9,3 protsenti. Südametuksetähed on aga kaksitähed tugevalt väljavenitatud orbiitidega. Tiirlemise vältel võib nende puhul tähtede omavaheline kaugus muutuda kordades. Aga enne kui nende tähtede juurde minna, paar sõna sellest, kuidas nende avastamine võimalikuks sai.

Planeetide otsimine väljaspool päikesesüsteemi on üks XXI sajandi astronoomia põhilisi ettevõtmisi. See on uurimisteema, mida rahastatakse suhteliselt kergesti, kuna üldine huvi on ilmne. Kõige edukam ettevõtmine selles vallas on seni olnud missioon nimega (üllatus, üllatus) – Kepler. Maa orbiidilähedasele teekonnale ümber Päikese saadeti see satelliit 7. märtsil 2009. aastal ja seal ta tiirutab seniajani. Nii nagu Maagi, teeb ta ühe täisringi umbes aasta jooksul ja temale paigaldatud teleskoop vaatas eksperimendi esimese nelja aasta jooksul kogu aeg ühes suunas – Luige tähtkuju poole. Ja mitte ainult vaatas, vaid pildistas vahetpidamatult. Tegelikult töötab ta mõningate vaheaegadega seniajani (missioon K2), kuid veidi teistmoodi. Nimelt läks tal 2013. aastal paar vidinat katki ja pärast seda ei olnud enam võimalik teda kindlalt ühte suunda vaatama panna. Kepleri põhimissiooni vältel õnnestus aga mõõta umbes 150 000 tähe heleduskõverad, sealjuures peaaegu pidevalt, lühikeste ajaliste aukudega. Kogu eksperimendi idee oli selles, et tähe heledust mitme aasta vältel jälgides on võimalik näha hetki, kus võimalik planeet möödub oma ematähe eest ja varastab sellelt natuke valgust. Heleduskõverates on need hetked nähtavad lühiajalise väikese tumenemisena. Missiooni esimeses faasis avastati üle 2300 planeedi ja nendest 30 on sellised, kus elu olemasolu võimalust ei saa

lihtsate argumentidega välistada. Jätkumissioonis K2 on samuti avastatud paarsada uut planeeti.

Maksumaksja rõõmuks avastatud planeetidele lisaks oli (ja on) kogu projekti tulemiks 150 000 tähe väga pikad ja tihedad vaatlusread – heleduskõverad. Ja nende hulgas paarsada, mille välimus tuletab meelde hästi tuntud südame aktiivsust kirjeldava kardiogrammi kõverat.

Tähtede pereelu

Suur osa tähti ei veeda maailmaruumis oma aega üksinda, vaid neil on kaaslased. Tüüpiliselt on see teine täht, aga on ka juhtumeid, kus kaaslaseks on näiteks must auk. Astrofüüsikutele pakuvad kaksiktähed eriti huvi, kuna nende kohta on võimalik rohkem teada saada kui üksinda uitavatest tähtedest.

Mõned õige lähedased kaksiktähed on teleskoobis nähtavad tähepaarina. Kaugemal olevate kaksiktähtede valgus on aga koondunud üheks kokku ja neid on raskem avastada. Kõige lihtsam viis on mõõta tähe heledust pika aja jooksul ja otsida saadud heleduskõverast perioodilisi heleduse muutusi. Kui tähesüsteemi tiirlemise tasapind on meiega peaaegu risti, siis paaris olevad tähed varjutavad aeg-ajalt üksteist. Kui üks täht läheb teise eest läbi, siis võib ta selle täielikult või osaliselt varjutada. Sellised varjutused korduvad perioodiliselt.

Kepleri teleskoobiga mõõdetud tuhanded heleduskõverad ongi haruldaselt kasulik materjal kaksiktähtede avastamiseks ja uurimiseks. Missioonil saadud andmeid täiendatakse hiljem täpsustavate järeelvaatlustega, aga nüüd juba maa pealt. Saadud informatsiooni teoreetiline interpreteerimine on aga juba omaette kunst ja nõuab astrofüüsika eri valdkondade head tundmist.

Veidrad paarid

Niisiis on südametuksetähed samuti kaksiktähed. Nende eriliseks omaduseks on vähemalt ühe tähe (olgu selle nimi Beeta) tugevalt väljavenitatud elliptiline orbiit. Kui nüüd teise

massiivsema tähe (Alpha) pealt vaadata, siis Beeta aeg-ajalt kaugeneb ja siis läheneb, kusjuures võib tulla väga lähedale, nii et kahe tähe vahele mahuks ainult paar-kolm suurema tähe (Alpha) diameetrit. Selline lähenemine venitab loodeliste jõudude abil mõlemad tähed pikerguseks – Alphas natuke vähem, Beetat seda rohkem. Piltlikult öeldes saavad apelsinidest kurgid. Aga miks mitte pirnid? Peaks ju tähe kaaslane tõmbama ligi ainult seda massi, mis asub talle lähemal. Näiteks Beeta tõusulaine oleks just sellel tähe küljel, mis vaatab Alpha poole. Aga ei, muhud kasvavad nii naabri suunas kui ka teisel pool tähte, naabrist eemale. Sama lugu on ju ka Maa-Kuu paaril. Kui Fowey jõel on mõõnaaeg, siis taganeb meri ka Austraalia kallastel. See asjaolu on inimesi alati natuke häirinud. Kerge on aru saada sellest, et pea kohal olev Kuu tõmbab meid natuke ülespoole, aga kuidas ta tõukab taeva poole antipoodi? Asi on selles, et loodejõud tekivad raskusjõu ja inertsia omavahelisest võistlusest. Kuu-poolsel Maa küljel on Piibeleht (gravitatsioon) peal ja Vestmann (inerts) all, teisel pool maakera aga vastupidi. Nende vahe on siis kahel pool maakera erineva märgiga ja vastav jõuvektor erineva suunaga.

Sellel, et lähedasel möödalennul Beeta kurgikujuliseks venitatakse, on oluline tulem. Vaadake kurki küljelt ja otsast: nähtav pindala on mõlemal juhul tunduvalt erinev. Kuna tähelt tulev valguse hulk sõltub kiirgava pinna suuruselt, siis vaheldub ka tähesüsteemi heledus sõltuvalt sellest, millise nurga all parajasti kurk Beeta meie suhtes on. Selline pöörleva-tiirleva väljavenitatud keha heleduse muutumine ei ole taevakehade maailmas sagedane nähtus.

Kuigi, alles see oli, kui Päikesesüsteemi läbis väljastpoolt tulnud pikergune ilusa nimega asteroid Oumuamua, mis pöörles ja mille heledus selle tõttu tugevalt muutus. Ta oli nii pikergune ja kosmoselaeva kujuline, et agarate *sci-fi*-fännide silmad löid särama: „Nüüd nad siis tulevad.“

Südametuksetähtede puhul ei ole nende avastamiseks vaja varjutusi, piisab vaid tähtede kuju muutusest tingitud heleduse võnkumisest. Need võnked on suhteliselt väikesed, kuid siiski tänapäeva teleskoopides mõõdetavad. Just tähesüsteemi heleduse kiire kasv lähedase möödalennu ajal annab tema heleduskõverale EKG-sarnase kuju.

Pärast seda, kui täht Beeta on Alpha hetkeks pikerguseks venitanud, jätkab ta oma teekonda ja nüüd siis kiiresti kaugemale kaaslasest. Ta on tasakaalust väljas. Omaenese

tahtmisesest peaks ta olema kerakujuline nagu ikka normaalsed tähed. Aga keskmise taseme suhtes möödalennul üles tõstetud massid vajuvad alla tagasi ja suure hooga isegi keskmisest allapoole. Sealt jälle ülespoole tagasi. Selline vannivee moodi loksumine võib kesta kaua. Eriti siis, kui raskusjõust tingitud lainetamisele (nn gravitatsioonilised moodid) lisanduvad heli, soojust ja valguse levimise eripärast tingitud tiheduslained (tihedusmoodid).

Eriti huvitav olukord tekib siis, kui Alpha esile kutsutud lainetus ei sumbu enne, kui Beeta jälle Alphas külastab. Ja siis võib juhtuda, et Beeta tõusulaine (Alpha suunas) langeb täpselt kokku möödalennu positsiooniga, kus kaugus tähtede vahel on minimaalne. Uus loodeline häire võimendab vana ja aitab sel edasi püsida. Midagi sellist toimub kiigele hoo andmisel. Õigel ajal antud tõuked aitavad hoogu säilitada ja ka võimendada, kui vaja. Astronoomid nimetavad sellist nähtust resonantsiks ja antud juhul on resonantsis siis ühe tähe võnkumise ja tema orbiidi perioodid. Mõne kaksiksüsteemi olukord on veelgi uhkem – lainetama võivad hakata mõlemad tähed. Heleduskõverates avalduvad sellised resonantsis võnkumised signaalikomponentidena, millede perioodid on tiirlemisperioodi ja mõne täisarvu jagatised. Akustikas nimetatakse neid komponente ületoonideks ja nende väärtused määravad hääle tämbri. Südametukse tähtede „häääl“ võib olla üsna huvitav, kuna tihti on neil moode väga palju.

Vahel kasutatakse südametuksetähtede kirjeldamiseks ka kirikukella kujundit. Kui üks täht möödub teisest, „lööb“ ta helisema. Meile tuntud fraasiga „kellele lüüakse hingekella“ tuntud autor John Donne oli suur astronoomiahuviline ja luges kindlasti Johannes Kepleri mandrilt toodud teoseid. Ajaloolased on välja uurinud, et nad isegi kohtusid 23. oktoobril 1619. aastal Linzi linnas praeguses Austrias. Millest poeet, usumees ja diplomaat ning astronoom-astroloog omavahel rääkisid, ei ole täpselt teada, aga küll neil jutuainet leidis. Donne oli kontinendil diplomaatilise eriülesandega, mis pidi lepitama tollase Euroopa katoliiklikke ja protestantlikke valitsejaid.

Kuidas nad leiti

Väga tugevalt väljavenitatud orbiidiga kaksiktähti on vaadeldud varemgi ja nende puhul on leitud ka loodejõudude esile kutsutud perioodilisi laineid. Esimene, suuremat kuulsust võitnud Kepleri andmeridest avastatud südametuksetäht oli KOI-54 (Kepler Object of

Interest 54). Enne seda oli maapealsetest vaatlustest teada ainult paar-kolm selle klassi sarnast tähte. Aga kuna maapealsete vaatluste tulemusena saadakse ainult pikkade ja juhuslike aukude ja suure müraga heleduskõveraid, siis erilist entusiasmi need vaatlused ei tekitanud. Pikad, kvaliteetsed Kepleri satelliidi mõõdetud read olid nagu loodud huvitavamate objektide peaaegu pidevaks jälgimiseks. (Mõni auk Kepleri vaatlusridades on, kuna satelliit peab aeg-ajalt end pöörama, kuid nende vaatlusaukude mõju lõpptulemustele on tavaliselt väike.)

Meist 1120 valgusaasta kaugusel asuv kaksiktäht KOI-54 (HD 187091) ootas kataloogides oma aega. Seal oli ta alguses kirjas suhteliselt heleda üksiku tähena. Alles Kepleriga saadud täpsete mõõtmiste üksikasjalik uurimine näitas, et tegemist on kaksiktähaga. Oma ühise massikeskme ümber tiirutavad peaaegu võrdse massiga tähed. Tiirlemisperiood (aasta pikkus) on ainult 41,8 päeva. Tähtedevaheline suurim kaugus on rohkem kui kümme korda pikem kui väikseim kaugus (ekstsentrilisus 0,83). Lähedasel möödalenul venivad mõlemad tähed kurgitaoliseks ja lainetavad pärast tõuke saamist nii, et enne järgmist kokkusaamist jõuavad põhilised lained teha 90 ja 91 võnget. Keerukad võnkumistingimused loovad olukorra, kus korraga on eriti aktiivsed kaks võnkumise moodi ja mõlemad on resonantsis tiirlemisperioodiga. Kahe võnkumise kombineerumine avaldub selles, et tähesüsteemi heledus tuikleb. Peale kahe põhilise moodi on süsteemi võnkumisspektris näha palju teisi, kuid nõrgemaid laineid. Kui möödalenul tekkivad heleduse tõusutipud ja tuiklevad põhimoodid on mõõdetud aegridadest silmaga nähtavad, siis väiksemate moodide avastamiseks on vaja kasutada matemaatilist erimeetodit, nn Fourier' analüüsi.

Artikkel KOI-54 kohta huvitas kitsast spetsialistide ringi ja erilist üldsuse tähelepanu kaasa ei toonud. Ka minul jäi see märkamata.

Põhjus oli vahest selles, et uuel täheklassil ei olnud kõlavat nime. Asi muutus siis, kui 2012. aastal avaldati artikkel korraga 17 uue, Kepleri poolt mõõdetud, südametuksetähe kirjeldusega. Artikli autorid olid kujuneva rahvusvahelise rühma (nüüd rühm Heartbeat Stars) liikmed. Silma paistab see, et aruande esimene autor oli noor neiu Susan Thomson ja rühma oli veel kaasatud teine noor naisterahvas Kelly Hambleton. See asjaolu sunnib mõtlema, et eks see romantiline täheklassi nimetus noorte neidude peas tekkis. Pealegi,

kui arvesse võtta, et Susan ei ole enam Thompson, vaid Mullally ja Ferguson Mullally oli ka üks artikli kaasautoritest. Mine tea. Nimi sai leitud ja on nüüd üldlevinud.

Südametuksetega oli varem võrreldud paljusid muutliku heledusega tähtede võnkeid, aga see jäi pigem keelekujundiks. Nüüd on aga meil tänu neile naistele selline täheklass.

Huvitav on ka see, et paljude südametuksetähtede uurijate põhitöö (mille eest makstakse) on satelliit Kepleri poolt vaadeldud planeetide uurimine ja kataloogimine.

Selliseid tähti ei tohiks üldse olla

Kui Kuu kutsus Maal esile tõusu- ja mõõnalaineid, siis sama peaks toimuma ka Kuul. Kunagi see nii oligi, Kuu koorekihid tõusid ja vajusid vastavalt sellele, milline Kuu külj Maa poole vaatas. Aga suurte masside liigutamiseks oli vaja energiat. See saadi Kuu pöörlemisest. Iga tiiruga Kuu pöörlemine aeglustus, kuni lõpuks jäi üldse Maa suhtes seisma, s.t nii nagu praegu – vaatab ta ju ainult ühe küljega meie poole. Sellise nähtuse kohta ütlevad astronoomid, et Kuu pöörlemine sünkroniseerus tiirlemisega. Sellega Kuu pinna väga väikesed lainetused peatusid. See ei tähenda, et Maal oleks toimunud samasugune rahunemine. Maa pöörlemise energiat ei ole veel täielikult ära kasutatud ja seda kulub nii veemasside ulatuslikuks ümberpaigutamiseks kui ka maakoore liigutamiseks.

See nähtus ei ole nii hästi tuntud kui mere tõusu- ja mõõnalained, ometi on tegemist suurte jõududega. Näiteks Genfi lähedal asuva suure põrgati andmete töötlemisel peab Kuu ja Päikese positsioone arvesse võtma. Maa-aluse 27 kilomeetri pikkuse ringi pikkus muutub lootejõudude toimel ja vastav signaal on hästi mõõdetav. Veel hullem, arvatakse, et loodejõud on tegevad mõne maavärina vallapäastjana.

Samasugused protsessid toimuvad ka südametuksetähtedes. Peale selle, et tähtede pöörlemine aeglustub, väheneb ka orbiitide väljavenitatus. Iga tiiruga ümber üksteise muutub teekond ikka ringilisemaks ja kõik loodejõududega seotud nähtused vähenevad. Sellist nähtust nimetatakse loodeliseks hõõrdumiseks. Selle hõõrdumise uurimisel on vaja arvesse võtta mitut füüsikalist üksikasja. Näiteks ülal esitatud väide, et tähed venivad möödalennul inertsia ja raskusjõu toimel kurgikujuliseks, on lihtsustus. Tegelikult on ka püür hea mudel. Kui kaks tähte on teineteisele väga lähedal, siis kuumutavad nad oma

naabri pinda – see paisub ja heleneb. Tõusulainega kaasneb kuumalaine ja mõõnalaine toob jahedust. Maal on see nähtus tühine, aga tähtede puhul oluline ja ka vaadeldav. Loodeline hõõrdumine kulutab tähtede pöörlemise ja tiirlemise energiat ja lõppude lõpuks rahuneb kõik maha. Tähed jäävad üksteisele otsa vaatama ja nende tantsukaar muutub ringikujuliseks. Tugevalt elliptilise orbiidiga paaridele lõpeb tants paarikümne tuhande aasta jooksul.

Just südametuksetähtede eripärase tiirlemise kiire ringiks muutumine räägib nende olemasolu, või siis avastamise, tõenäosusele vastu. Kosmilises mastaabis on 10 000 aastat tühine silmapilk. Ja see, et me parajasti juhtume mõnda tähe elus kiiresti mööduvat episoodi nägema, on suur õnn. Arvutuste kohaselt on aga südametuksetähtede puhul see õnn liiga suur. Neid on liiga palju! Peab olema mingi mehhanism, mis aitab tiirlemise elliptilisust säilitada või isegi suurendada.

Võimalusi vastuolu lahendamiseks on mitu. Uuritakse, kuidas sellised tähepaarid tekivad ja arenevad, milline on hõõrdeprotsessi ja sellega seotud energiakao mehhanism jms. Praegu on kõige levinum teooria, mille järgi peab elliptilisuse säilitamiseks appi võtma kolmanda keha. See meelitaks siis Beetat aeg-ajalt Alphast kaugemale ja sellisel viisil hoiaks alal süsteemi eripära.

Üks selline südametuksetäht, kus on suure tõenäosusega nähtav ka kolmanda keha jälg, on juba leitud. Vastava artikli esimene autor on meile juba tuttav Kelly Hambleton. Seniseks on leitud juba üle kaheksaja südametuksetähe. Täpset arvu on raske anda, kuna mõõdetud helduskõverate interpretatsioon ei ole alati ühene. Tegemist on ju väga nõrkade signaalidega.

Kui aga täht on Kepleri andmetest leitud, ei lõpe uurimine sellega. Teades, et täht on eriti huvitav, on nüüd mõistlik suunata tema peale maised teleskoobid. See võimaldab saada uusi täiendavaid andmeid. Näiteks mõõtes tähespektrites olevate joonte vudinaid on võimalik mõõta täpselt kaaslaste orbiiti, massi jms. Vaatluste interpreteerimiseks ehitatakse südametuksepaaride matemaatilised mudelid. Mudelite ja vaatluste kooskõla on kasutatud füüsikaliste teooriate proovikivi.

Astrofüüsikutele on südametuksetähed eriti huvitavad. Asi on selles, et kokku tuleb viia ja koos tööle panna mitu tähefüüsika valdkonda: tiirlemine, pöörlemine, loodejõud, täheatmosfääri häired ja omavõnkumised, samuti tähtede evolutsiooni etapid. Ka

andmetöötlejatele on uus täheklass toonud palju uusi ülesandeid. Tavaline muutliku tähe vudisemise „tämber“ ja kombineeritud võnkumiste „akordid“ on kirjeldatavad maksimaalselt paarikümne ülemtooni ja kombineeritud sageduse abil.

Südametuksetähtede puhul tuleb arvesse võtta tunduvalt rohkem võnkumise moode.

Loodame, et astro-helilooja Urmas Sisaski töölaual on vajalikud andmed juba olemas ja varsti saame kuulda südametuksete nii tavalisest biidist (60 bpm) juba hoopis huvitavamaid temposid ja tämbreid.

Jõe äärde tagasi

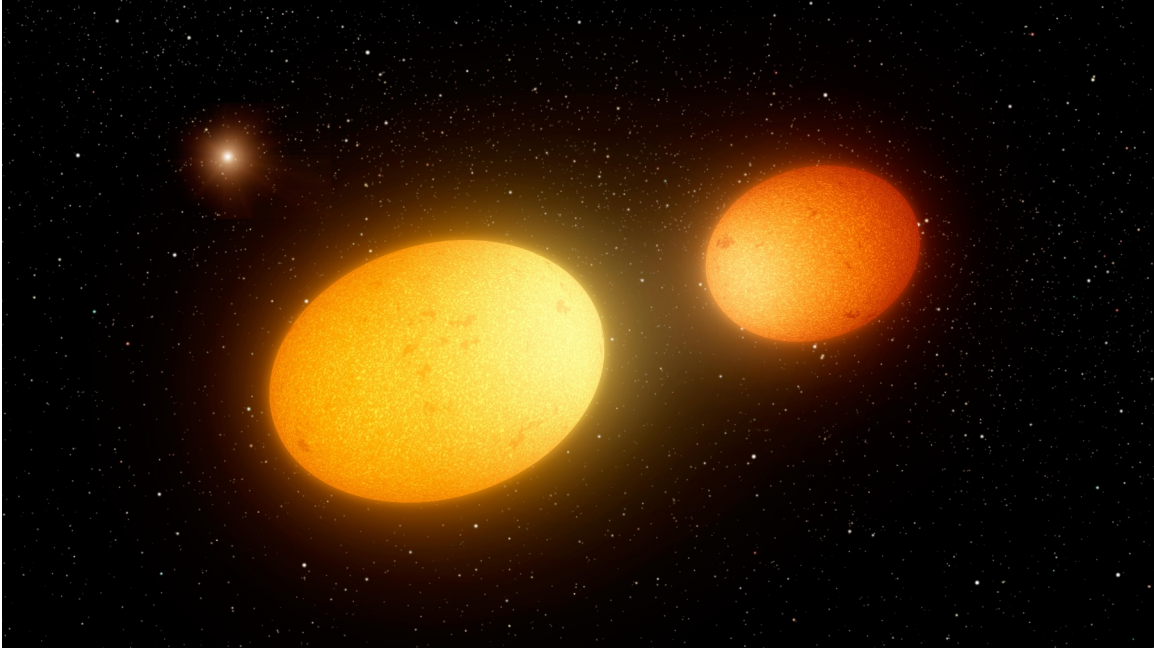
Igal hommikul kulub mul pool tunnikest selleks, et vaadata, mida uut on astronoomias toimunud. See on suhteliselt lihtne, kuna astronoomidel on spetsiaalne veebivärv, kuhu nad saadavad enne avaldamist oma vastvalminud artiklid. Kui veel mõni aasta tagasi olid uute seas ülekaalus kosmoloogia artiklid, siis nüüd on pilt täielikult teistsugune. Valdav osa uusi publikatsioone on pühendatud eksoplaneetidele ja tähtede astrofüüsikale. Ja seda just tänu Kepleri-taoliste missioonidele, mis koguvad nii satelliitidelt kui ka Maa pealt suures koguses uusi andmeid. Päris kindlasti on praegu selles andmejões suuremat sorti tõusulaine.

VÄLJATÕSTES

Kepleri missiooni esimeses faasis avastati üle 2300 planeedi ja nendest 30 on sellised, kus elu olemasolu võimalust ei saa lihtsate argumentidega välistada.

Loodeline hõõrdumine kulutab tähtede pöörlemise-tiirlemise energiat ja lõppude lõpuks rahuneb kõik maha. Tähed jäävad üksteisele otsa vaatama ja nende tantsukaar muutub ringikujuliseks.

Kosmilises mastaabis on 10 000 aastat tühine silmapilk. Ja see, et me parajasti juhtume mõnda tähe elus kiiresti mööduvat episoodi nägema, on suur õnn.



Südametuksetähed on kaksiktähed, mille eriliseks omaduseks on vähemalt ühe tähe, nt nimega Beeta, tugevalt väljavenitatud elliptiline orbiit. Kui nüüd teise massiivsema tähe (Alpha) pealt vaadata, siis Beeta aeg-ajalt kaugeneb ja läheneb, kusjuures ta võib tulla väga lähedale, nii et kahe tähe vahele mahuks ainult paar-kolm suurema tähe (Alpha) diameetrit.

NASA/JPL-Caltech