

## FRITZ ZWICKY – TERAVA KEELEGA ASTRONOOM



Fritz Zwicky oli šveitsi astronoom, kes suurema osa oma elust töötas USAs California Tehnoloogia instituudis. Tema panus astronoomia arengusse on tohutu - juba 1933. a kasutas ta viriaali teoreemi, et postuleerida nähtamatu tume aine, millele ta andis nime „dunkle Materie“. Kaks aastat hiljem hakkas ta koos kolleeg Walter Baadega kasutama taeva

ülevaadete saamiseks esimest Schmidt teleskoopi. Aasta varem, ikka koos Walter Baadega hakkasid nad kasutama terminit supernoova, oletades, et need objektid on tegelikult ülemineku faasis tavalistelt tähtedelt neutrontähtedele, kusjuures selle protsessi käigus tekivad kosmilised kiired. 1937. a tuli ta mõttele, et galaktikad võivad relatiivsusteooriat arvesse võttes olla gravitatsiooniläätсед, see efekt avastati alles 1979. a.

Fritz Zwicky (14.02.1898 – 8.02.1974) sündis Šveitsi kodanikuna Musta mere äärses Varna linnas Bulgaarias, kus tema isa Fridolin Zwicky oli jõukas tööstur ja ka Norra saadik. Tema ema Franziska Vrček oli Austria-Ungari keisririigis sündinud etniline tšehhitar. Perre sündis kolm last – vanuse järgi siis Fritz, Rudolf ja Leonie. Kuue aastasena saadeti Fritz Šveitsi, Mollise nimelisse väikelinna Glaruse kantonis, kus elasid ta isapoolsed vanavanemad, kuna arvati, et Šveitsis saab poiss parema hariduse. Fritzu isa ja ema jäid Varnasse, ema kogu eluks ja isa kuni 1944. aastani.

Isa oleks hea meelega näinud, et pojast saab kaupmees, kuid poiss hakkas huvituma matemaatikast ja loodusteadustest. Ta palus isa, et see lubaks tal ülikoolis õppida inseneriasjandust. Nii juhtuski, et kui Fritz oli lõpetanud algkooli Mollises, läks ta Glaruse Kõrgemasse linnakooli ja seejärel Zürichi, kus lõpetas Tööstuskooli 1916. a. Seejärel astus ta Šveitsi Föderaalsetesse Tehnika Kõrgkooli (ETHZ), kus ta õppis matemaatikat ja füüsikat. Magistrikraadi sai ta matemaatikas Hermann Weyli juhatusel, kuid ta jätkas õpinguid doktorikraadi saamiseks Peter Debye käe all. Väitekirja *On the theory of ionic crystals* kaitses Zwicky 1922. a ja seejärel jäi ta teadusliku assistendina ETHZi kuni 1925. aastani. Tema teadustee alguses pole ainsatki märkust astronoomia kohta, kuid saatuse veidra tuju tõttu hakkas Zwicky astronoomiaga tegelema mäesuusatamise kaudu. Asi oli selles, et Rockefelleri fond oli taibanud kvantmehaanika tähtsust ja pakkus stipendiumi paljudele noortele

teadlastele USAsse tulekuks. 1925. a pakuti sellist võimalust ka Zwicky ja ta palus end USAs määrata sinna, kus on mägesid. Ta saadetigi Kalifornia tehnoloogia instituuti (Caltech) Pasadenas ja kui Zwicky oli kohale jõudnud, avastas ta, et seal oli tõesti mägesid, kuid Šveitsi mägedega harjunud Zwicky nimetas neid vaid mäejalamiteks. Mount Wilsoni observatoorium, kus töötas Edwin Hubble, asus just San Gabrieli mägedes ja Zwicky hakkas tasapisi huvituma astronoomiast. Kuid Rockefelleri fond soovis, et ta tegeleks vaid tahkete ja vedelate ainete kvantmehaanikaga Robert Millikani juures ja tõepoolest on Zwicky teadustöid ka nende uuringute kohta, siiski pöördus tema huvi pikapeale astrofüüsikale, täpsemalt kosmilistele kiirtele ja nende võimalikule allikale.

Kui 1929. a tema stipendiumiaeg otsa sai, siis Caltech nimetas Zwicky füüsika kaasprofessoriks kuni 1942. aastani. 25. märtsil 1932 abiellus Zwicky Dorothy Vernon Gates'iga, kes oli Kalifornia osariigi senaatori Egbert James Gates'i tütar. Neil polnud lapsi ja nad lahutasid abielu 1941. a.

1942. a nimetati Zwicky esimeseks astrofüüsika professoriks Caltechis instituudis ja sellele ametikohale jäi ta pensioneerumisele 1968. a. Ta abiellus Anna Margarita Zürcher'iga 1947. a, kes oli hotelliomaniku tütar Bernis, ja neil oli kolm tütart – Margarit, Franziska ja Barbarina. Siinkohal on paslik kirjeldada seletust, kuidas Zwicky astrofüüsikasse sattus.

Nimelt olevat 32-aastane Zwicky olevat öelnud Robert Millikanile: "Ma olen läbi lugenud kõiki teie kirjutatud artiklid, ma olen kuulnud kõiki teie ettekandeid, mis te kunagi olete teinud ja võin üsna kategooriliselt väita, et ma pole leidnud neis ainsatki originaalset ideed, mida te võiksite enda omaks nimetada." Siinkohal tuleb silmas pidada, et seda ütles ilma mingi teadusliku reputatsioonita Zwicky Nobeli preemia laureaat Millikanile, kes juhatas laborit, kus Zwicky oma teadlaseteed alustas. Millikan vastas lihtsalt: "Hea küll, aga kuidas on lood teiega?" Zwicky vastus oli ülbe: "Mul on originaalne idee iga kahe aasta tagant ja ma lähen kaugemale – teie nimetage ala ja mina esitan idee." Millikani vastus oli lühike: "Hea küll, noormees, kuidas oleks astrofüüsikaga?"

Otsekui vastuseks sellele Millikani küsimusele avaldasid Zwicky ja tema heaks kolleegiks saanud Walter Baade 1934. a artikli ajakirjas *Physical review* (mis oli toimetuses 24-realiseks lühendatud), kus esmakordselt kasutati termineid "supernoova" ja "neutronitähed". Selles hinnati ka plahvatustes vabanevat energiat ja gamma-kiirte tekkimist. Tõlkal Caltechis töötanud Kip Stephen Thorne nimetas seda vaid veel üheks ennustusi sisaldavaks artiklits füüsika ja astronoomia ajaloos!

Zwicky oli aru saanud, et supernoovade otsimiseks läheb vaja laia vaateväljaga teleskoopi, mis oleks aidanud teha taeva ülevaateid eesmärgiga leida supernoovasid - selleks sobis eriti hästi eesti optiku Bernhard Schmidtiga leiutatud kaamera. Kõigepealt võttis Zwicky ette reisi Hamburgisse, et kohtuda Schmidtiga. Tagasi kodus hakkas ta veenma Hale'i, et see annaks 25 000 USD Rockefelleri grandist 18 tollise Schmidtiga teleskoobi ehitamiseks ettekäändel, et

200 tolline teleskoop vajab väiksemat objektide otsinguks! Ka Zwicky rikas äi toetas projekti üsna suure summaga. 18-tolline Schmidti teleskoop vaateväljaga 8.5 kraadi valmis Caltechi töökodades John A. Andersoni juhtimisel aastaga ja esimest valgust nägi teleskoop 5. 09.1936. Baade ütles sellise kiiruse kohta, et see oli varem, kui oodati. Kokku avastas Zwicky 18-tollise teleskoobiga 129 supernoovat kauges galaktikates. Tema arvamus selle kohta, et supernoovade vaatlusi saab kasutada universumi kaardistamiseks osutus õigeks, kuid see võttis pikki aastaid, enne kui astronoomid taipasid selle tehnika olulisust.

Uus teleskoop jäi Mount Palomari ainsaks teleskoobiks kuni 1949. aastani, mil tööle hakkas tollal maailma suurim 200-tolline teleskoop.

Kuid oma esimese supernoova avastas Zwicky juba 1937. a märtsis ning koos Josef J. Johnsoniga avastasid nad 19 supernoovat, kuni vaatlusprogramm katkes jaanuaris 1942. Vaatluste alusel sai väita, et esineb kaht tüüpi supernoovasid ja et plahvatusi põhjustavad võimsad tuumareaktsioonid.

1932. a oli James Chadwick avastanud neutroni ja Zwicky koos Baadega pakkusid juba 1934. a välja idee, et supernoova kujutab endast üleminekut tavalisest tähest neutrontäheks. Sellisel tähel on väga väike raadius ja väga suur tihedus, sest neutroneid saab pakkida palju tihedamalt, kuna seda protsessi ei takista Coulombi tõukejõud. Nii võib öelda, et neutrontäht kujutab endast üldse kõige stabiilsemat aine konfiguratsiooni.

Kuigi neutrontähe tekkimine oli sellega ennustatud, ei hakanud keegi sellega tegelema ja kui lõpuks see idee sõltumatult eluõiguse sai, ei meenutanud mitte keegi Zwickyt ja Baadet.

1933.a tuli Zwicky välja uue avastusega. ta oli vaadelnud galaktikate kiirusi Bereniike juuste galaktikaparves ja leidnud, et selle parve ainetihedus ei luba kuidagi galaktikate keskmisi vaadeldud kiirusi ulatuda 1000 km/sek. See oleks olnud võimalik siis, kui parve tihedus oleks olnud 400 korda suurem kui vaadeldud nähtaval ainel. Zwicky järeldas, et Universumis peab olema tumedat ainet, mille tihedus on palju suurem kui nähtaval ainel. Kuigi see järeldus toetus üsna ebakindlatele vaatlusandmetele – näiteks Hubble'i konstanti täpsustati hiljem oluliselt, muutus see ennustus ajaga üldtunnustatuks ja Zwicky sai endale “tumeda aine isa” tiitli!

Järgmine Zwicky särav idee pärines Einsteini relatiivsusteooriast – nimelt kui gravitatsioon mõjutab ka valgust, siis peab valguskiir massist möödudes painduma. Seega massikogum, näiteks galaktika, käitub nagu valgust koondav lääts. Einstein oli seda tegelikult juba varem maininud, kuid ta arvas, et efekti väiksuse tõttu selle avastamisest midagi välja ei tule. Zwicky aga võttis asja tõsiselt ja 1937. a avaldas ta ajakirjas *Physical Review* kaks artiklit, kus ta väitis, et ekstragalaktilised udukogud kõlbavad gravitatsioonläätsede kasutamiseks vaatlustel palju paremini kui tähed. Veel lisas ta, et sellised läätsed sobivad hästi ka tumeda aine uurimiseks.

Nagu juhtus paljude Zwicky ideedega, jäi ka see ettepanek pikkadeks aastateks oma rakendamist ootama – alles viis aastat pärast Zwicky surma avastati esimesed gravitatsioonläätsed.

Tuleb öelda, et mitte kõik Zwicky ideed pole tõeseks osutunud. Näiteks Zwicky ei arvanud, et galaktikate punanihe on tekkinud Universumi paisumisest. Tema seletuse kohaselt kaotab valgus levimisel miljardite aastate jooksul oma energiat gravitatsioonilise pidurduse tõttu või et loodusseadused võivad ajas muutuda. 1939. a väitis ta, et tal on tõestus selle kohta, et Universum on vanem Suure Paugu ajast, kuid selgus, et see tõestus polnud õige.

Zwicky mitmekülgst näitab ka tema aktiivne osavõtt lennundustööstusest.

Theodore von Kármán oli 1936. a asutanud firma *Aerojet* ja sai selle direktoriks. Firmasse võeti tööle hulk Caltechi teadlasi, ka Zwicky, kelle ülesandeks sai luua rakette, mida saaks kasutada kosmoselendudel, et arendada ennekõike astronoomiat, kuid mitte ainult. Alguses käidi vaid koos ja arutleti eesmärkide üle. Esimene raketi katselend tehti 1941. a augustis ja US õhujõud hakkasid firma vastu huvi tundma ning võtsid järgmisel aastal firma oma tiiva alla.

Von Kármán kirjutas, et nii sai *Aerojet* maailma suurimaks raketite ja raketikütuse tootjaks ja 20 aastaga kasvas kuue inimese firmast 34 000 töötajaga kolossiks.

1943. a olid US õhujõud tellinud neilt 3000 raketti, mida kasutati lennukite startimisel kiirendajatena.

Just tema oli see mees, keda USA õhujõud saatsid pärast sõda uurimisrühma pealikuna Saksamaale ja Jaapanisse kindlaks tegema, kui kaugemale nende riikide teadlased olid jõudnud salastatud raketiasjanduses. Saksamaal vestles ta kindral Walter Dornbergeriga, kes oli Peenemündes – seal, kus arendati välja V-2 - armee uurimiskeskuse ülem ning samuti Wernher von Brauniga, kellest hiljem sai ameerika kosmoseprogrammi võtmefiguur. Esimesed von Brauni küsitlajad olid Zwicky koos kahe teise mehega (üks neist oli korporatsioonist General Electric ja teine oli Millikani poeg Caltechist). Juba järgmisel aastal kasutas Zwicky neid saadud teadmisi V-2 raketi üleslennutamisele White Sandsi katsepolügonil New Mexico. Tõsi küll, see katse ebaõnnestus.

Üksiti oli ta firma *Aerojet engineering* teadusdirektoriks ja ta tegeles energiliselt raketiasjanduse arendamisega, kus ta sai hulga patente. Teda on nimetatud ka moodsa raketimootori “isaks”.

Kuid siis tabas Zwicky tagasilööki, sest kuigi talle anti US medal Vabaduse eest 1949. a, oli ta säilitanud Šveitsi kodakondsuse. Kuid kommunismi vastu võitlemise aastatel ei saanud US valitsus anda talle luba tegelda sõjatööstuses, sest Zwicky, kuigi kommunismivastane, keeldus loobumast oma kodumaa kodakondsusest ja ta lahkus töölt *Aerojetis*.

Zwicky oli aktiivne ka heategevuses, aidates taastada sõjas hävitatud teadusraamatukogusid ja võttes osa Pestalozzi fondi programmist asutada vaeslaste külasid. Ta oli ka Rahvusvahelise

Astronautika Akadeemia asepresidendiks, kus ta töötas kosmosereise ja kolonisatsiooni puudutava seadusandluse kallal.

Ei saa jätta märkimata, et Zwicky arendas täiesti uut teadussuunda – üldist morfoloogilist analüüsi (GMA), mis Zwicky arvates on meetod kogu mitmedimensionaalse, mittekvantifitseeritava suhete hulga struktureerimiseks ja uurimiseks. Tegelikult on GMA tihedalt seotud tüpologia analüüsiga, kuigi GMA on vormilt palju üldisem ja on palju laiemate rakendustega.

Kui nüüd GMA kasutamist kirjeldada, siis niisugune lähenemine uuritavale probleemile algab parameetrite või dimensioonide defineerimisega ja igale parameetrile oluliste väärtuste või tingimuste andmisega. Nii saame morfoloogilise kasti, mida sobivalt ka Zwicky kastiks kutsutakse ja mis kujutab endast n-mõõtmelist maatriksit. Iga rakk selles kastis vastab ainult ühele parameetrite kombinatsioonile ja annab meile nii probleemide kompleksi ühe kindla konfiguratsiooni.

Kui me vaatleme lihtsat probleemide kompleksi, milles on vaid kolm dimensiooni, olgu need värv, tekstuur ja mõõt. Oletame nüüd, et värv ja tekstuur koosnevad kumbki viiest diskreetsest väärtusest, näiteks värv olgu punane, roheline, sinine, kollane, pruun. Mõõt koosnegu vaid kolmest diskreetsest väärtusest, näiteks suur, keskmine ja väike. Siis on meil Zwicky kastis  $5 \times 5 \times 3 = 75$  raku, igaüks neist kolme tingimusega. Sellist maatriksit nimetatakse tüpoloogiliseks väljaks, mis sisaldab kõik võimalikud probleemi suhted.

Zwicky kasutas seda meetodit muu hulgas ka astrofüüsikas ja raketiasjanduses, aga samuti ka kosmoselendude ja kolonisatsiooni seaduste loomises. Ta asutas Morfoloogiliste Uuringute Seltsi ja populariseeris GMA-d väga aktiivselt 40 aastat kuni oma surmani 1974. a. Praegu on see üks teaduslike mudelite arendamise meetod.

Zwicky seletas oma meetodit nii, et kui ta oli tegelenud erinevate aladega, nagu alpinism, füüsika, astronoomia, inseneeria, keeled, kõrgharidus, riiklik ja rahvusvaheline poliitika ning vastastikune abistamine päris heade tulemustega, ei jäänud ta sellega sugugi rahule. Ta polevat kaua aega aru saanud miks, kuni taipas, et mitte mingisugune stereotüüpiline aktiivsus mineviku raamatutes pole vastav tema isiklikule geniaalsusele. See võiks tõeliselt ellu ärgata vaid uus elukutse loomisega, milleks on morfoloog.

Hoolimata kõigist Zwicky positiivsetest omadustest jäi ta paljude meelest irriteerivaks persooniks. Võib olla kõige kõrgemaks autasuks jäi tal Kuningliku astronoomiaseltsi kuldmedal 1972. a. Ka on asteroidile 1803 antud Zwicky nimi. Ja ka Kuu kraatril.

Kokkuvõtteks tuleb öelda, et Zwicky oli tänapäevases kõnepruugis mittekonventsionaalne inimene. Oma säravate mõtetega võis Zwicky olla oma ajast kaugel ees, kuid ta võis olla ka pehmelt öeldes ekstsentriline. Oma vanemate kolleegide vastu võis ta olla ülbe ja jäme,

nimetades nende artikleid astronoomilistes ajakirjades kasutuks rämpsuks ning kord olevat ta öelnud, et astronoomid on sfäärilised vördjad – ükskõik, mis nurga alt neid vaatad, on nad ikka vördjad.

## **Kasutatud allikad**

N. Ivanova, 110th anniversary of the astrophysicist Fritz Zwicky, Bulgarian Astronomical Journal, vol. 10, pp. 135 – 146, 2008

[https://en.wikipedia.org/wiki/Fritz\\_Zwicky](https://en.wikipedia.org/wiki/Fritz_Zwicky)

<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Zwicky/>

<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.3128662>

<https://sites.astro.caltech.edu/palomar/about/telescopes/decommissioned.html>

[https://mathhistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Zwicky\\_lectures/](https://mathhistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Zwicky_lectures/)

[https://mathhistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Zwicky\\_lectures/Morphological\\_astronomy/](https://mathhistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Zwicky_lectures/Morphological_astronomy/)

[https://mathhistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Zwicky\\_books/](https://mathhistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Zwicky_books/)

<https://physicsworld.com/a/the-tempestuous-genius-of-fritz-zwicky/>

<https://www.swemorph.com/zwicky.html>