

# James Hopwood Jeans'i elu ja töö

*Tõnu Viik*

## Sissejuhatus

Eelmise sajandi kahekümnendatel aastatel oli James Jeans'i nimi väga kuulus ja mitte ainult astronoomide ning füüsikute hulgas, sest Jeans oli ka väljapaistev popularisaator. Ajalukku jääb Jeans ikka ennekõike kui üks esimesi teoreetilise astrofüüsika loojaist. Ta oli nende füüsikute esireas, kes hakkasid kasutama teoreetilise füüsika aparati astronoomias. Oma füüsikalises uurimistöös tegeles Jeans enamasti gaaside kineetilise ja kiirguse teooriatega. Tema nime kannab elektromagnetilise kiirguse pikalainelist osa rangelt kirjeldav seadus, mille Rayleigh oli tuletanud, kuid ebapiisavalt põhjendanud. Tänapäeval teavad kõik füüsikud Rayleigh-Jeansi seadust. Jeans rajas ka kehade gravitatsioonilise tasakaalu teooria, mis on tänapäeval aluseks kõikidele kosmoloogilistele ja kosmoloogilistele uuringutele. Tema sulest on ilmunud teedrajavad tööd stellaardünaamikast, tähtede siseehitusest ja evolutsioonist, pöörlevate taevakehade tasakaalulistest konfiguratsioonidest. Kuigi Jeans'i hüpotees Päikesesüsteemi tekkimisest pole toetust leidnud, oli see omal ajal siiski oluline samm edasi.

Käesolevas kirjatöös on väga palju järgitud A.V. Kozenko biograafilise raamatu „James Hopwood Jeans” materjale.

## Lapsepõlv ja kooliaeg

James Hopwood Jeans sündis 11. septembril 1877. a Ormskirkis Lancashire'i krahvkonnas. Tema isa William Tullock Jeans oli poliitilise kallakuga ajakirjanik, esindades ajalehte „Globe”. Ta oli ka majandusekspert ja ärimees ning tundis huvi teadusajaloo vastu, millest kirjutas kaks raamatut. Nii Jeans'i mõlemad vanaisad ja üks vanavanaisadest olid olnud ajalehete omanikud. Samuti ka tema isa vennapoeg, kellel olid Liverpooli ajalehed „Daily Post” ja „Echo”.



Foto 1. James Hopwood Jeans

Jeansi ema Martha Ann Hopwood – sealt siis Jeans'i keskmine nimi – oli pärit Stockportist kellavabriku omanike perest. Üks tema esivanemaid oli olnud preester veel Cromwelli ajal. Tema väike kellatorniga majake Merrillis Cheshire'i krahvkonnas on praegugi alles ja on kasutusel koolina. Kui Jeans sai kaheksakuuseks, siis koliti Brightonisse ja sealt kahe aasta pärast Londonisse.

Jeansi vanemad olid väga usklikud ja peres jälgiti väga täpselt kõiki usukombeid ja rituaale, eriti tegi seda aga ema. Isa püüdis kaasa aidata poja intellektuaalsele arengule ja tema mõju Jeansile oli suur. Jeans arenes kiiresti, juba kolmeaastaselt tundis ta kella ja nelja-aastaselt luges vabalt. Lisaks kõigele oli tal ka suurepärase mälu. Talle meeldisid väga arvud ja

seitsmeaastaselt ta lõbustas end sellega, et korrutas voorimeeste tõldade numbreid ja kord oli võimeline meelde tuletama emal koju ununenud rongipileti numbrit, kui kontrolör rongis seda küsis. Ka õppis ta kergesti pähe esimesed paarkümmend arvu logaritmi tabelist, kuigi ei teadnud, mida need tähendasid. Teda huvitasid väga igasugused mehhanismid, eriti aga kellad. Kümneaastaselt kirjutas ta oma esimese teadustöö – traktaadi kelladest. Kuna just sel ajal kirjutas ta isa raamatut teadusajaloost, siis ilmselt Jeans siin jäljendas isa.

Jeans armastas väga muusikat, tal oli absoluutne kuulmine ja talle hakati õpetama klaverit. Kaheteistaastaselt oli ta võimeline mängima ka orelit – tema lemmikhelilooja oli J.S. Bach. Jeans astus 1890.a. Merchant Taylorsi päevakooli, mis oli keskklassi kõrgema osa poistele mõeldud. Kool asus tollal Londoni City's (praegu Sandy Lodge'is Hertfordshire krahvkonnas), kahe miili kaugusel Jeans'ide elukohast ja ta pidi seda vahemaad sageli neli korda päevas läbima. Ta oli väga hea õpilane, kuid tema tagasihoidlikkus ja komme rääkida katkendlike fraasidega – see komme jäi talle külge terveks eluks – piiras mõnevõrra tema sõpruskonda. Siiski sõbrunes ta William Palin Eldertoniga, kellega koos armastati keerulisi matemaatilisi probleeme lahendada. Muide, Williamist sai tugev statistika uurija ja kui 1935. a asutati Biometrika Trust, siis Karl Pearson ise palus Williamil seda juhatada. 1946. a tõsteti Elderton rüütlikeisusse. Koolis sai Jeansi huvi matemaatika ja füüsika vastu tugevasti edasi areneda. Oma toakeses seadis ta sisse isegi väikese füüsikalabori. Jeansil ajal oli kooli direktoriks William Baker, kes pidas selles ametis vastu 30 aastat ja kelle eesmärgiks oli anda poistele üldine keskharidus, kuid praktilise kallakuga. Ka arendas ta poiste ühishuve, eriti aga huvi spordi vastu.

1894. a oli Jeans juba vanemas kuuendas klassis esimene õpilane (iga klass jagunes vanemaks ja nooremaks, sest kooliastujad olid väga kirju ettevalmistusega). Koolis olid Jeansil väga head matemaatikaõpetajad, kes innustasid teda selle ainega sügavamalt tegelema. Nagu Inglise koolides kombeks, tegeldi ka MTSis näitemänguga, milles Jeans teinekord väikesi naisteosi mängis. Aga kõiki rabas Jeansil oskus orelilt võimsaid meloodiaid esile manada.

1896. a tegi Jeans sisseastumiseksamid Trinity kolledžisse ja ta asus õppima matemaatikat Cambridge'i ülikoolis. Kuna ta ettevalmistus oli suurepärane, siis sai ta küllalt suurt stipendiumi. Ta oli vaaginud mõlemat suurt ülikooli – nii Cambridge'i kui Oxfordi oma, kuid Cambridge jäi peale, sest selle ülikooli matemaatikat ja loodusteadusi loeti Inglismaa tipus olevateks. Ilmselt mitte väikest tähtsust valiku langetamisel polnud omanud ka fakt, et Trinity's oli õppinud ja töötanud Isaac Newton aastatel 1661 kuni 1696. Trinity kolledži raamatukogus oli tollal ligi veerand miljonit köidet, rääkimata sellest, et kolledži juures oli suurepärase geoloogia muuseum ja aktiivselt töötav astronoomia observatoorium. Cambridge'i ülikoolis järgiti hoolega juba keskajal juurdunud vanu tavasid, nagu ühised söömaajad, kus nii tudengid kui õppejõud olid talaarides. Ka õppeprotsess toimus vana süsteemi kohaselt, kus õppejõud-repetiitoril ehk tuutoril oli ainult kaks-kolm tudengit, kellega õppimine käis sundimatu vestluse õhkkonnas. Professori ülesandeks oli vaid väheste loengute lugemine ja seetõttu jäi talle palju aega teadusega tegelemiseks.

Juba sisseastumiseksamil oli Jeans koos oma tulevase sõbra, hilisema kuulsaga inglise matemaatiku Godfrey Harold Hardyga, näidanud väljapaistvaid võimeid. Seepärast soovitas nende juhendaja Gilbert T. Walker (kes hiljem andis palju El Niño nähtuse selgitamiseks) neil teha matemaatikaeksami esimene osa cum laude peale juba kahe aasta möödumisel, tavalise kolme asemel. Märtsikuus 1897 tegid

mõlemad edukalt eksami ja Jeans sai Trinity ordinaarse suure stipendiumi. Aga see eksam ei andnud veel bakalaureuse tiitlit, sest selle saamiseks tuli teha veel teinegi eksam, kus nad mõlemad Hardyga parimat tulemust ei saavutanud. Asi oli mitte selles, et poisid poleks asja tundnud, vaid et süsteem oli liialt keeruline – ühe eksami tegemiseks tuli kaks aastat tööd teha 6–7 tundi päevas. Kui Hardy oli juba kuulus matemaatik, siis tema survele muudeti see süsteem 1910. a inimlikumaks. Aga kui asja teisest küljest vaadata, siis see vana süsteem oli andnud terve plejaadi väljapaistvaid matemaatikuid. Tudengiaastail oli Jeans toas suur klaver ja ta võttis tunde kuulsalt pianistilt Cathlin Brackshawlt.

Matemaatikaeksami teise poole ettevalmistus katkes, sest Jeans põlve tabas tuberkuloosne infektsioon. Ta lahkus Cambridge'ist 1899. a kevadel ja ravis end mitmes sanatooriumis, kuni 1900. a pöördus ta tagasi Cambridge'i, kus sai eksamil teise koha Hardy järel. Varsti pärast seda sai ta Newtoni nimelise stipendiumi astronoomias ja optikas ning 1901. a sai tema töö „Molekulide energijaotus” Smithi preemia. Pärast seda valiti Jeans Trinity kolledži liikmeks suure stipendiumiga 1901. a. Ka Hardy sai selle au osaliseks.

### **Rakendusmatemaatika professor**

Juba 1903. a sai Jeans magistri kraadi ja järgmisel aastal nimetati ta matemaatika lektoriks. Selles ametis oli ta kuni oma ärasõiduni Princetoni 1905. a. Kui ta varem oma haiguse tõttu oli veetnud sanatooriumides küllalt pika aja, siis ometi polnud see tühja läinud, sest Jeans töötas ka sanatooriumides aktiivselt. Sel ajal ilmub tema esimene monograafia „Gaaside dünaamiline teooria”, mis ilmus 1904. a ja mida anti välja mitmel korral ja mis kujunes tudengite õpikuks ning teadustöötajate käsiraamatuks paljudeks aastakümneteks.

Jeansi füüsikalise intuitsiooni arenguks oli kahtlemata kasulik tema töö Cavendishi laboris aastatel 1899–1900. Need olid selle labori õitsenguaastad, sest labori juhataja Joseph John Thomson oli just avastanud elektroni 1897. a. Ta uuris ka gaaside elektrijuhtivust, röntgenkiiri ja radioaktiivsust. Kuid mitte ainult see ei andnud tõuget labori tõusmiseks maailma tippu. Alates 1895. aastast seati Cambridge'is sisse doktorantuur andekatele noortele kogu maailmast ja see oli põhjus, miks Cavendishi laboris töötasid Ernest Rutherford Uus-Meremaalt, Charles Thomson Rees Wilson Šotimaalt, Paul Langevin Prantsusmaalt, kellest kõigist said kuulsad teadlased – uue füüsika kuulutajad. Jeans publitseeris 1901. a artikli kiirgusmehhanismidest. Seejärel ilmuvad tööd gaaside kineetilise teooriast, radioaktiivsusest ja absoluutselt musta keha soojuskiirgusest. Eriti tuleb märkida viimast, sest selles parandas Jeans kordaja Lord Rayleigh' tuletatud valemis. Tänapäeval teavad kõik füüsikud seda Rayleigh-Jeansi valemina. Üksiti näitas see valem, et klassikaline füüsika on ilmses vastuolus eksperimendi tulemustega. Nii aitas Rayleigh-Jeansi valem omal moel kaasa Plancki kvantmudeli tekkele.

1900-ndate aastate alguses hakkas Jeans tegelema ka astronoomiaga, ilmselt Charles Darwini poja George Howard Darwini mõjul, kes oli siis Cambridge'i ülikooli astronoomia ja eksperimentaalse füüsika professor. Jeansil ilmuvad tööd pöörlevate vedeliksilindrite tasakaalust ja fundamentaalne töö gravitatsioonilisest ebastabiilsusest. Tegelikult polnud need mitte veel astronoomi, vaid füüsikoteoretiku tööd. Samas ilmnas Jeans huvi ka mikromaailma vastu. Kui 1904. aasta sügisel kuulutati välja konkurss Aberdeeni ülikooli matemaatikakateedri juhataja kohale, siis Jeans sai toetuskirju paljudelt maailmakuulsatelt teadlastelt, nagu H.M.

Butler, G.H. Darwin ja J.J. Thomson. Kuid Jeans ei kandideerinud Aberdeeni ülikooli ja varsti, 1905. a suvel sai ta telegrammi Princetoni ülikoolist, kus Jeansile pakuti rakendusmatemaatika professori ametikohta, mille Jeans hea meelega vastu võttis. Jeans oli sellele kohale kutsunud Princetoni ülikooli president Thomas Woodrow Wilson, kellest 1912. a sai USA 28. president. Tegelikult oli kutse taga hoopiski Wilsoni hea sõber Henry Burchard Fine, kellel oli ebatavaline võime noorte andekate teadlaste avastamiseks. Jeansiga koos hakkasid Princetonis õpetama ka Owen Willans Richardson, kes sai hiljem Nobeli preemia, matemaatik George Birkhoff ja astronoom Henry Norris Russell, üks tähtede peajada avastajaid. Princetonis luges Jeans kursusi eriti edasijõudnud tudengitele, tekitades neis suurt segadust oma klassikalise Cambridge'i stiilis inglise keelega. 1906. a valiti Jeans Londoni Kuningliku Ühingu liikmeks – ta oli siis alles 28 aastane. Samal ajal toimus Jeansi elus tähtis sündmus – ta abiellus võluva Charlotte Tiffany Mitchelliga, kes oli kuulsa geograafi ja ränduri Alfred Mitchelli tütar. Nii sai Jeans endale hõimlasteks New Yorki tuntud pankurite suguvõsa Tiffany liikmed. Charlotte'il oli suur varandus ja professor pidi hakkama seda investeerima, muutudes nii ka ärimeheks. Nende abielu oli õnnelik, kuid suhteliselt lühike, sest 1934. a Charlotte suri, jättes Jeansile kasvatada 1912. a sündinud tütre Olivia. Charlotte'il oli olnud kirjanduslikke kalduvusi – Jeans avaldas 1935. a Cambridge'i ülikooli kirjastuses Charlotte'i luuletuskogu „Driftweed” (tõlkes siis mererohi, mille tuul randa toob).

Jeans tuli Inglismaale tagasi 1909. a, suutmata harjuda ameerika kommetega ja jäädes elu lõpuni tõeliseks inglise džentelmeniks. Princetonis olles kirjutas Jeans kaks monograafiat – „Teoreetilise mehhaanika” ja „Magnetismi ja elektri matemaatilise teooria”. Esimene neist oli vanemate kursuste tudengitele suurepärase õpik ja teist, mis kujutas endast ammendavat sissejuhatust Maxwelli teooriasse, anti Cambridge'i ülikooli kirjastuse poolt välja mitu korda, seejuures teine väljaanne juba kolmes osas. Võib-olla selleks, et õigustada enda valimist rakendusmatemaatika professori ametikohale Princetonis, avaldas Jeans seal olles artikli allveelae-vade stabiilsusest! Pärast Inglismaale naasmist saab Jeans Cambridge'i ülikooli rakendusmatemaatika Stokes'i lektoriks. Pööramata tähelepanu rahututele aegadele I maailmasõja eel, tegeles Jeans oma asjadega – luges ülikoolis, tegi teadustööd kiirgusteoorias, elektronide liikumise alal ja aatomi ehituses. Tema kuulsus oli juba nii suur, et 1911. a kutsuti teda koos 23 teise kuulsa füüsikuga I Solvay kongressile (*kommentaari: idee selliste iga kolme aasta tagant korraldatavate konverentside korraldamiseks kuulub Belgia tööstur Ernest Solvayle, kes oli iseõppija keemik, pärit vaesest perest. Ta leiutas tööstusliku viisi sooda tootmiseks, millega ajas kokku tohtu varanduse. Elu lõpul kuulus talle suur kontsern, kaks pank ja 38 lossi ning maavaldust. Teda huvitas eriti puhas ja fundamentaalne teadus*). Kongressi toimumise kohaks valiti Brüssel ja orgkomitee esimeheks sai Hendrik Antoon Lorentz. Kongressi töö keskmes oli Plancki teooria absoluutselt musta keha kiirguse kohta. Teatavasti olid senini kõik selle kiirguse kirjeldamised viinud ummikusse ja ka Rayleigh-Jeansi valem polnud erand. Planck oli aga jõudnud järeldusele, et korrektselt kiirgusvälja kirjeldada, peab loobuma kiirgusenergia pidevuse nõudest ja oletama, et kiirgamine toimub lõplike portsjonite – kvantide – kaupa. Ise ta arvas, et see on vaid tööhüpotees ja küllap klassikalise füüsika raamides sellele ka seletus leitakse. Asjatu lootus, kuid Solvay kongressi ajal jäi kvantmehaanika loomiseni veel 14 aastat. Pärast Solvay kongressi loobus Jeans õpetamisest Cambridge'i ülikoolis, sest nagu märgitud, oli tema abikaasa väga rikas. 1912. a kolisid nad Guildfordi

Londoni lähedal, mida samastatakse kuningas Arthuri legendaarse Astolati linnaga. Jeansile meeldis elada maal, eemal linnakärast, kuid ega ta sellepärast konverentsidest osavõtust ei loobunud. Septembris 1913 võttis ta Birminghamis osa Briti teaduse edendamise assotsiatsiooni koosolekust, kus esines sissejuhatava ettekandega kvantteooria rakendusest aatomifüüsikas.

1913. a lõpul sõitis Jeans uuesti Brüsselisse, kus toimus II Solvay kongress, mis oli pühendatud aine ehitusele. Seal tegi põhiettekande J.J.Thomson, kes rääkis aatomi ehitusest klassikalistes terminites, kuid tema juttu suhtuti skeptiliselt, sest ta ei toonud probleemi peaaegu mitte midagi uut. Jeans ei kartnud siiski avalikult toetada hoopis Bohri teooriat, sest seda kinnitasid otsesed eksperimendid spektroskoopias. Sellel kongressil kuulis Jeans ka Max von Laue avastusest, kes oli teinud kindlaks röntgenkiirte difraktsiooni.

1914. a ilmub Jeansil laiendatud variant ettekandest Füüsikalises „Report on the radiation and quantum theory”, mis koos Eddingtoni ettekandega “Report on relativistic theory of gravitation” (1918) avaldas suurt mõju moodsa füüsikateaduse arengule Inglismaal.

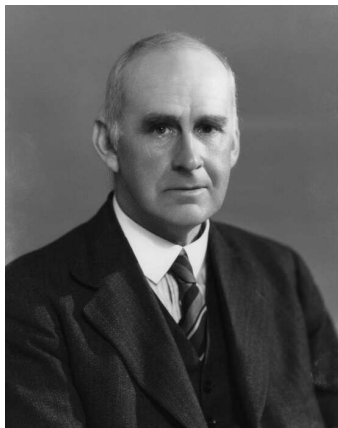


Foto 2. Arthur Stanley Eddington

See Jeansil töö jäi tema viimaseks oluliseks tööks füüsika alal. Edasi tegeles ta astronoomia ja kosmogaaniaga.

### Kuningliku seltsi sekretär

1913. a sügisel kolis Jeans perega Londonisse, kuid ei jäänud sinna kauaks, sest 1914. a suve alguses kolis pere uuesti, seekord Amershami, kus Jeans kuulis ka sõja algusest. Aga ka see elupaik ei rahuldanud Jeansil ning 1918. a ostis ta Cleveland Lodge'i mõisa Dorkingis (mitte kaugel Guildfordist). See koht sarnanes väga Guildfordiga – Mole'i jõgi uuristamas sügavaid orge North Downi lubjakivist küngastesse. Jeans armastas kõndida Cleveland Lodge'i parkides ja aedades, kuid aja möödudes hakkas ta aina rohkem aega pühendama muusikale. Majja muretsed oreil mängis Jeans sageli tundide kaupa. Kuid

mitte iialgi ei esinenud ta avalikult, ka isegi mitte sõpradele. 1917. a oli Jeansil esimene südameatakk – märk lähenevast haigusest, kuid rahulik maa-elu lubas selle mitmeteks aastateks unustada.

Tema teaduslike tööde loetelu pikeneb üha, ilmuvad tööd täheparvedest, gaasude gravitatsioonilisest tasakaalust, isegraviteeruvate astronoomiliste kehade tasakaalulistest konfiguratsioonidest ja kosmogaaniast. Enamasti avaldas ta need inglise põhilises astronoomia ajakirjas „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society” (MN). 1917. a sai Jeans Adamsi preemia töö „Kosmogaonia ja stellaardünaamika probleeme” eest. Hiljem ilmus see eraldi väljaandena, kuhu said kirja Jeansil uurimused isegraviteeruvate nii kokkusurumatute kui kokkusurutavate pöörlevate kehade tasakaalulistest konfiguratsioonidest. Selle töö saatuseks oli minna klassikaliseks ja lihtsalt loetavaks astronoomia kullafondi.

1909. a valitakse Jeans Kuningliku Astronoomia Seltsi liikmeks. See selts asutati juba 1820. a ja alguses kandis see Londoni astronoomiaseltsi nime. 1831. a sai see selts kuninga määrusega oma praeguse nime ja seltsi patrooniks sai monarh ise.

Huvitav on märkida, et isegi seltsi liikmena ei publitseerinud Jeans oma töid MN-is kuni 1913. a, st selle ajani, kui tema töid võis liigitada füüsika alla. Kuid alates 1916. a on ta pidev MNs tööde avaldaja. Eriti suurt huvi pakkus tema tööde seeria tähtede siseehituse kohta, milles ta kritiseeris Arthur Stanley Eddingtoni seisukohti. See mees aga talus kriitikat väga kehvasti ja vastas Jeansile sama ajakirja veergudel, kasutades teinekord kaunis krõbedaid väljendeid oma oponendi kohta. Jeans kui tõelist härrasmeest kurvastasid sellised väljaütlemised väga. Ajakirja tiraaž aga muidugi kasvas.

Edward Arthur Milne kirjutas sellest vaidlusest, et see oli huvitav, et Hardy matemaatikuna astus Kuninglikku Astronoomia Seltsi puhtalt nende kahe mehe vaidluse kuulamiseks. Hardy jätkas seltsi koosolekute küllastamist ka siis, kui poleemika muutus kolme mehe poleemikaks, sest vaidlusse lülitus ka Milne. Hardy andis samuti oma kummalise panuse sellesse vaidlusse, esitades ühel koosolekul Ralph Howard Fowleri tulemused, mis see mees oli saanud tähe siseehitust kirjeldavatest diferentsiaalvõrranditest. Hardy ütles, et tulevikus, kui nii Jeans, Eddingtoni kui ka Milne'i teooriad on kõrvale jäetud, on Fowleri puhta matemaatika tulemused sel alal ikka au sees. Kuigi Milne osaliselt toetas Jeansi seisukohti, kasutas ta Jeans teooria arendamisel Jeans arvates ebakorrektheid meetodeid, kuid meeste omavahelised suhted jäid väga headeks. Milne suhtus niikuinii Jeans suure lugupidamisega, millest annab tunnistust ka see, et ta kirjutas vahetult enne oma surma Jeansist suurepärase biograafia, olles ise raskesti haige.

1919. a autasustati Jeans Kuningliku Seltsi kuldmedaliga ja ta valiti seltsi sekretäriks ning selles ametis oli ta kümme aastat. See amet tegi Jeans väga mõjukaks isikuks ja kuna tal olid head teadmised ka finantsasjades, siis tegi ta seltsi rahaasjad kiiresti korda, aga raha polnud seltsil sugugi vähe – summa ületas miljon naela. Koos Rutherfordiga, kes oli Kuningliku Seltsi president aastatel 1925 kuni 1930, suutsid nad tõsta seltsi ajakirja „Proceedings of the Royal Society” mainet oluliselt, ka ise sinna artikleid avaldamiseks saates. Jeans abistas oma sõbralikul moel ka noori teadlasi, näiteks aidates Paul Diracil publitseerida oma kvantmehaanika alaseid töid seltsi ajakirjas. Järjekordse tunnustusena sai Jeans Cambridge'i filosoofiaühingu Hopkinsi preemia gaaside ja kiirguse teooria ning tähesüsteemide evolutsiooni alaste tööde eest. 1924. a tehakse talle ettepanek hakata Mt Wilsoni observatooriumi teaduslikuks konsultandiks. Jeans võttis selle ettepaneku vastu ja jäi sellesse ametisse kuni 1944. aastani.

1923. a sai Jeans Kuningliku Astronoomia Seltsi käest kuldmedali teoreetilise kosmogoonia alaste tööde eest. Medali andis talle kätte ei keegi muu kui seltsi president Eddington. Oma kõnes medali üleandmise puhul lubas Eddington endale meelde tuletada nende omavahelisi vaidlusi, kuid kõne lõpus lisas ta, et Jeans pole oma töödes arvanud, et meie Päikesesüsteem on unikaalne, ja võimalik, et ainus Universumis, kuid ta näitas, et vastupidine vaatepunkt – planeetide süsteemid on tähtede tavalised atribuudid – on nõrgal alusel. Kui tänapäeval meelde tuletada, et selle kirjatöö trükki mineku ajaks (2022, november) on avastatud 5250 eksoplaneeti, siis kõlavad Eddingtoni sõnad tühjalt. Ilmselt ei maksa teaduses kunagi midagi surmkindlalt väita.

1925. a valiti Jeans Kuningliku Astronoomia Seltsi presidendiks ja selles ametis oli ta kuni 1927. aastani. Selle aja jooksul tuli tal üle anda kolm seltsi kuldmedalit: kuninglikule astronoomile Frank Watson Dysonile (kes muide oli sisse viinud 1924. a praegu kõigile tuntud kuus piiksu õige aja signaalina raadios), Albert Einsteinile

ja Frank Schlesingerile. Traditsiooni kohaselt peab seltsi president medali üleandmise puhul kõne.

Schlesingerile medali andmise puhul Jeans ütles: „Tsiivilisatsiooni koidikul, kui inimene ärkas pikast intellektuaalsest unest, tähistas ta oma tegevussfäärid üheksa muusaga. Ainult üks neist oli pühendatud teadusele ja see oli Urania – astronoomia muusa. Võib ju olla, et Olympose peajumal teisi teadusi peale astronoomia lihtsalt ei tundnud, aga võib ka olla, et ta arvas astronoomia ainsana austust väärivaks.” Muidugi ei piirdunud Jeans'i töö seltsi presidendi kohal vaid autasude kätteandmisega. Tema teeneks on ka iga-aastaste nn Darwini loengute sisseseadmine. Ja mitte ainult administratiivselt, vaid ka finantsiliselt, sest ta ise andis seltsile sel puhul 1000 naela, mille intressidelt pidi makstama esinema kutsutud lektoritele tasu. Jeans soovis, et lektor oleks väljapaistev teadlane ja reeglina välismaalt. Ta ei tarvitenud alati olla astronoom, vaid ta võis olla ka geofüüsik või füüsik.

Esimese Darwini loengu pidamise au otsustati anda George Ellery Hale'ile, kes omal ajal rajas Mt Wilsoni observatooriumi USAs ja kutse saamise ajal oli observatooriumi audirektor. Kuid ta ei saanud Inglismaale tulla oma tervise pärast, seepärast pidas esimese Darwini loengu Frank Schlesinger teemal „Astronoomiline fotograafia täppismõõtmisteks”.

1922. a esines Jeans Oxfordi ülikoolis Halley loenguga teemal „Nebulaarhüpotees ja kaasaegne kosmogoonia”, milles andis ülevaate probleemi ajaloost ja iseenda uurimustest sel alal. Üleüldse töötas Jeans sel ajal väga intensiivselt – ajavahemikul 1914 kuni 1928 avaldas ta MN-s üle 45 artikli. Samas oli 1928. aasta tema viimane aktiivse teadusliku töö aasta.

## Viimased eluaastad

XX sajandi 20-ndate aastate lõpus algas suur majanduskriis, mis ei jätnud puudutamata ka Jeans'i finantsseisu. Nagu juba öeldud, oli Jeans tänu oma abielule jõukas mees. Naise surma järel 1934. a ulatus Jeans'i varandus 256 054 naelani, mis oli võib-olla üks suurimaist Briti teadlastel. Jeans oli edukas ärimees, aga ta pidi aina rohkem aega kulutama „huvipankurlusele”.

1928. a tõsteti Jeans rüütlikeisusesse oma teenete eest teadustöös ja Kuninglikus seltsis. Samal ajal tundis ta, et ei suuda enam püsida teaduse eesliinil ja et tema teaduslik haripunkt on jäänud möödas. Kuid ta oli võimeline alustama uut karjääri popularisaatorina. Ja nagu sageli, aitas sellele kaasa juhus. Ta oli lõpetanud oma monograafia „Astronoomia ja kosmogoonia” 1928. a ereda peatükiga, mis võttis kokku raamatu sisu erakordse selgusega. See peatükk pälvis Rutherfordi väimehe Ralph Fowleri tähelepanu, kes rääkis sellest Cambridge'i ülikooli kirjastuse sekretärile S.C. Robertsile.

Oma vanemate juurde sõites põikas Roberts sisse Dorkingi Jeans'i poole, kes teda lahkelt vastu võttis ja lunchi ning imehea veiniga kostitas. Roberts tegi Jeansile ettepaneku kirjutada populaarteaduslik raamat astronoomiast, mille Jeans ka vastu võttis, sest ta oli ise samu mõtteid mõlgutanud. Jeans'i esimese sellise raamatu „Maailm meie ümber” tiraaž 7500 eksemplari müüdi läbi kuu ajaga. Järgmisel aastal pidi Jeans esinema Magdalene'i kolledžis loenguga ja kohe oli kohal ka Roberts, kes tahtis loengu teksti ära trükkida. Jeans laiendas loengu teksti oluliselt ja nii valmis raamat „Saladuslik Universum”. Enne seda aga oli Jeans'i loengul olnud suur menu, sest isegi külapreestrid kasutasid oma jutlustes lõike sellest loengust. Raamat aga müüdi maha kiirusega 1000 eksemplari päevas.

Jeansi populariseerimistööd jälgiti huviga ka USAs ja 1931. a autasustas Franklini instituut Philadelphias Jeans Franklini medaliga, mispuhul Jeans koos abikaasaga USAsse sõitis. Suurt rahvusvahelist menu varjutas abikaasa surm 1934. aasta mai lõpus. Jeans viibis kaua masenduses ja tema kurbust aitasid leevendada vaid sõber Robertsi külaskäigud, kes oli samuti hiljuti abikaasa kaotanud. Pikkamisi Jeans siiski sai oma hingelise tasakaalu tagasi ja kui Hardy suri, valiti Jeans Briti teaduse edendamise assotsiatsiooni presidendiks. Ja kui 1935. a asutas Kuninglik instituut astronoomia kateedri, siis paluti Jeans selle professoriks ja selles ametis oli ta kuni 1946. a.

Septembris 1935 abiellus Jeans Austria orelimängija Suzanne Hockiga, keda hiljem hakati rohkem tundma Lady Susi Jeans'ina. Cleveland Lodge'is oli orel olemas, kuid sellel mängis Jeans ise. Oma naisele seadis ta teises saalis sisse uue oreli, mis oli ehitatud XVII sajandi barokkstiilis. Muusika sidus abikaasasid tugevasti, kui 1937. a Lady Susil oli turnee USAs, siis Jeans akompaneeris talle. Abikaasa andis Jeansile idee kirjutada raamat teadusest ja muusikast – nii ka sündis, raamat „Teadus ja muusika” ilmus 1937. a. Neil sündis kolm last – Michael Anthony (1936), Christopher Vincent (1939) ja Cathrin Anne (1946). Samal 1937. a võttis Jeans vastu Kuningliku Muusikaakadeemia direktori austava ametikoha.

Oma elu viimastel aastatel Jeans kirjutas veel mitu raamatut, nagu „Füüsika ja filosoofia” ja „Füüsika areng”. 1937. a sõitis ta Indiasse, sest teaduse edendamise India assotsiatsioon andis talle Mukerjee medali. Kaks aastat hiljem autasustatakse teda kõrgeima UK ordeniga „Order of Merit”. II maailmasõja alguses rekvireeris riik Cleveland Lodge'i ja perekond kolis alguses Somerseti ja hiljem Walesi. Pärast sõda pöördusid nad tagasi oma koju ja sestpeale jäi Jeans enamasti koduseks. 1945. a avastati tal koronaartromboos. Järgmisel aastal sõitis ta suveks Šotimaa põhjaossa. Montrose'i. See oligi tema viimane reis, sest 15. septembril 1946 Jeans suri. Ta maeti perekonna ja lähedaste sõprade ringis Micklehami kalmistule kodu lähedale.

## **Panus füüsikasse ja astronoomiasse**

Selleks et paremini aru saada Jeans panusest nii füüsikasse kui astronoomiasse, tuleb veidi tutvuda taustaga. Teadus on alati ühiskonna arenguga seotud, mõningatel etappidel aga majandusega eriti. Nii oli ka XIX sajandi teises pooles, kui lisaks juba tuntud aurumasinatele ilmusid ka elektrimootorid ja -generaatorid. See omakorda põhjustas soojuse ja elektrodünaamika ning ka gaaside kineetilise teooria sügavam uurimist, mis andis meile statistilise füüsika ning elektromagnetvälja teooria. Tolleaegset olukorda füüsikas iseloomustas Einstein järgmiselt: „Hoolimata sellest, et mõnedes suundades füüsika õitseb, on põhimõttelistes asjades dogmaatiline stagnatsioon. Alguses (kui selline asi üldse oli), lõi Jumal Newtoni liikumisseadused koos vajalike masside ja jõududega. Sellega aga kõik ammendubki, ülejäänul saab leida deduktiivselt sobivaid matemaatilisi meetodeid kasutades.” Palju on ekspluateeritud Müncheni ülikooli füüsikaprofessori Philip Jolly sõnu Max Planc-kile, kui see talle teatas, et kavatseb teoreetilist füüsikat õppida: „Noormees, miks te tahate oma elu rikkuda, on ju teoreetiline füüsika põhilises osas lõpetatud, diferentsiaalvõrrandid lahendatud, jääb üle vaid vaadelda erijuhte muudetud alg- ja ääretingimustega. Kas tasub hakata tegelema nii perspektiivitu asjaga?”

Ometi oli selles kuidu nii selges taevas kaks musta pilvekest, sest füüsikud ei suutnud määrata tasakaalulise kiirgusenergia tiheduse jaotust ja seletada Michelsoni katset klassikalise füüsika raamides. Saatuse ironiana jõuti just nende pilve-



keste abil kvantmehaanika ja relatiivsusteooriani. Jeans siiski kasutas klassikalise füüsika meetodeid ja ilmselt seetõttu tema tööd ei ole läbimurdelise iseloomuga.

Jeansi tööd füüsikas võib jagada kahte suunda puutuvateks – gaaside kineetiline teooria ja kiirgusteooria. Tema esimene teadustöö 1900. a kandis nime „Kihistunud elektrilahendus” ja see oli pühendatud elektrilahenduse optiliste nähtuste teoreetilisele seletamisele vaakumtorudes. Jeans näitas, et Thomsoni teooria elektrijuhtivuse seletamiseks ionide liikumisega peab vaakumtorudes paika. Selles töös ilmes Jeansi talent lahendada keerulisi võrrandeid, millele Thomson ise vaid graafilisel teel lahendusi oli suutnud leida. Jeans väitis ka selles töös, et negatiivsete ioonide ehk siis elektronide (see Thomsoni poolt antud nimetus oli alles tuliuus) kiirus on palju suurem kui positiivsete ioonide kiirus.

Oma teises töös põhjendab Jeans rangelt energia võrdse jagunemise printsiipi dünaamilises süsteemis, mida kirjeldab suur hulk parameetreid. Edasi tõestas Jeans Maxwelli leitud jaotuse osakeste kiiruste jaoks, uuris molekulide võnkumisi ja gaaside soojusjuhtivust, leidis molekulide läbimõõdud, andis panuse metallide elektronteooriasse. Ta põhjendab Paul Drude valemite elektrijuhtivuse kohta ja üksiti näitas, et Kirchhoffi seadus on otsene järeldus aine elektroonsest teooriast.

Jeansi esimene töö kiirgusteooriast oli „Kiirguse mehhanism” (1901), kus ta väidab, et kiirgus tekib suure hulga vibraatorite olemasolu tõttu aines. Ent kesksel kohal Jeansi kiirgusalastest töödest on need, kus ta käsitleb klassikalist tasakaalulise kiirguse teooriat. Esimesena selle probleemiga tegeles Šveitsi filosoof ja füüsik Pierre Prevost, kes 1809. a leidis, et kuumade keha kiirgus ei sõltu ümbritsevast keskkonnast. Termodünaamika seaduste alusel andis sellele seletuse Robert Kirchhoff, kes tõi sisse ka absoluutselt musta keha mõiste. Ta näitas, et kõikide kehade jaoks kehtib reegel, et sama lainepikkuse juures ja samal temperatuuril on keha kiirgus- ja neeldumisvõime suhe universaalne funktsioon. Kirchhoffi arvates oli selle funktsiooni leidmine äärmiselt tähtis. Järgmise sammu tegi Wilhelm Wien, kes 1896. a oli leidnud, kuidas selline universaalne funktsioon sõltub lainepikkusest (või sagedusest) ja siis ka selle sõltuvuse alusel nn Wiener nihkeseaduse. Veidi hiljem Wien tuletab täpsema valemi selle universaalse funktsiooni jaoks, mida me tänapäeval tunneme Plancki valemina, kuid mis sisaldas mingeid esialgu tundmatuid koefitsiente ja muidugi polnud see täpne. Ei läinud kaua aega mööda, kui 19. oktoobril 1900 kannab Max Karl Ernst Ludwig Planck Berliini Füüsika seltsi koosolekul ette oma töö kiirguse kohta, kus nõ esitles oma funktsiooni, mis kirjeldas kõikide siiani tehtud eksperimentide tulemusi õigesti, kuid mis oli tuletatud klassikalisele füüsikale võõra printsiibi – energia lõplike portsjonite ehk kvantide kiirgumise kaudu. Kuna seda peeti mingiks füüsikaliseks ekvilibristikaks, siis jätkati Kirchhoffi universaalse funktsiooni otsimist klassikaliste meetoditega. Seda tegi ka Jeans, tehes kindlaks õiged koefitsiendid juba varem Lord Rayleigh leitud valemis. Ei saa ju öelda, et nende meeste töö asjata oleks olnud, sest just nendest uurimustest sai alguse kvantfüüsika. Kuid alles 1910. a veendus Jeans uue füüsika õigsuses. Sellega Jeans lõpetaski füüsikaga tegelemise ja siirdus hoopis astronoomiasse. Tegelikult oli ta juba varem astronoomiasse puutuvaid töid avaldanud – 1902. a ilmusid tema tööd tasakaalulistest pöörlevatest vedeliksilindritest. Ta vaatles probleemi kahemõõtmelisena, mis võimaldas kompleksmuutuja meetodit kasutada. Jeans lahendas tasakaalu võrrandi mitme nurkkiiruse jaoks ja leidis terve perekonna tasakaalulisi figuure. Nurkkiiruse kasvamisega MacLaurini sferoidid asendusid Jacobi ellipsoididega ja need omakorda pinnikujuliste figuuridega. Need tööd tegi Jeans

ilmselt G. Darwini tugeva mõju tõttu.

Jeansi teine astronoomiline töö pani aluse gravitatsioonilise ebastabiilsuse teorialele ja see osutus nii kapitaalseks, et Yakov Zeldovitš ja Igor Novikov panid oma raamatus „Universumi ehitus ja evolutsioon” ühe osa nimeks „Jeansi teooria”. Astronoomiliste tööde hulka võiks lugeda ka Jeansi tööd Maa sisemiste pingete ja võnkumiste kohta ning seismiliste lainete leviku kohta. Võib öelda, et need tööd panid aluse teoreetilise füüsika kasutamisele geofüüsikas. Ka uuris Jeans Maa kuu. Kui neid töid võis ju ka lugeda astronoomiliste hulka, siis päris astronoomiliste tööde ilmumine sai alguse 1913. a, kui Jeans publitseeris MNs oma töö täheparvede kineetilise teooriast. Selles uuris ta tähtede omavahelisi lähenemisi ja leidis, et kui miljard tähte massiga umbes 5 Päikese massi on ruumi piirkonnas karakteristikliku mõõduga 1 kiloparsek ja tähtede keskmine kiirus lähenemisel on 60 km/s, siis tähtede paralleelse voo kallutamiseks 1 kaarekraadi võrra kulub 3,2 miljardit aastat. Selle tulemuse alusel Jeans arvas, et Galaktika pole statsionaarses olekus. Kuna tollal Jeans Universumi vanust nii täpselt kui meie praegu ei teadnud, siis praegu me teeksimeme tema tulemustest täiesti vastupidise järelduse.

Toetudes oma arvamusele püüdis Jeans 1915. a seletada kahe täheveo olemasolu. Selle kontseptsiooni oli esitanud Jacobus Cornelius Kapteyn kümme aastat varem. Kontseptsiooni sisu oli lihtne – kui me tähtede kiirusi iseloomustame vektoritega, siis peaks see diagramm olema välja venitatud antiapeksi suunas Päikese liikumise tõttu. Tuli aga välja, et neid eelistatud suundi oli hoopis kaks, mida Kapteyn nimetas verteksiteks ja mis asusid taevas vastupidistes suundades – üks Kilbi tähtkujus ja teine Orionis. Sellist efekti, tegelikult siis tähtede kiiruste ellipsoidaalset jaotust püüdsid seletada Eddington ja Schwarzschild, kuid edutult. Ka Jeans püüdis seda teha, tuues gaaside kineetilise teooria stellaardünaamikasse. Probleemi lahendas alles Bertil Lindblad 1921. a, kes tõestas, et selliste tähevoogude esinemine on Galaktika pöörlemise tulemus. Jeans vaatles ka kahe tähe omavahelist põrget. Ta oletas, et need võivad olla nii lähedased, et nende orbiidid tugevasti muutuvad. Ta leidis valemi kõrvalekaldumise arvutamiseks.

Ja ikkagi Jeansi kõige tähtsamaks saavutuseks on gaaside kineetilise teooria juurutamine stellaardünaamikas. Kuna Jeans oli hingelt siiski füüsik, siis teda huvitas küsimus tähtede energiaallikatest ja tähtede siseehitusest. 1904. a oli ta arvanud, et see allikas on aine annihileerumise tulemus. Hiljem ta täpsustas, et see võib olla prootoni ja elektroni annihileerumine. Käsitledes neljast prootonist heeliumi aatomi tuuma moodustumist, arvas ta, et see reaktsioon viib tähe plahvatuslikule ebastabiilsusele. Jeans isegi välistas Russelli ühe tingimuse, mis seisnes selles, et on olemas lävitemperatuur, millest allpool energiaallikas ei tööta. Valeks osutus ka Jeansi arvamus, et täheenergia allikaks on üliirasked radioaktiivselt lagunevad transuraansed elemendid.

Jeans arendas edasi Lane-Ritter-Emdeni polütroopseid tasakaalulisi tähemudeleid. Juba 1917. a väitis ta esimesena, et tähe seesmuses on kõrge temperatuuri tõttu aine täielikult ioniseeritud, mistõttu reaalne molekulaarne kaal seal väheneb, mis omakorda viib maksimaalse temperatuuri langusele tähe tsentris. Ta märkis ka ära kiirgusrõhu suurt osatähtsust, eriti massiivsetes tähtedes. Jeans oletas õigesti, et soojusjuhtivus tähtedes erilist rolli ei mängi ja et praktiliselt kogu energialevi käib kiirguse kaudu. Ta proovis seetõttu ühendada kiirguslevi ja polütroopseid mudeleid ning leidis, et etteantud parameetritega täht võib alati jõuda tasakaaluasendisse. Tänapäeva seisukohast on huvitav Jeansi väide, et tähe energiatootmine

keskendub tähe tsentri lähedale ja et tugeva ionisatsiooni tõttu ei tarvitse ideaalse gaasi olekuvõrrand seal enam kehtida, Me ei saa aga sugugi leppida Jeans'i arvamussega, et tähtede vanused on  $10^{12}$  kuni  $10^{13}$  aastat.

Jeans näitas esimesena, et kiirgus tekitab tähtedes näivat viskoossust ja selle tõttu diferentsiaalset pöörlemist. Asi on selles, et kiirgusrõhk on tegelikult tensor ja kui aine elemendid liiguvad erinevate kiirustega, siis tensori mittediagonaalsed elemendid on nullist erinevad, tekitades nii viskoossuse, mis omakorda põhjustabki diferentsiaalse pöörlemise. Suure tuntuse Jeansile tõi 1916. a avaldatud hüpotees Päikesesüsteemi tekkimisest, mis hiljem sai loodelise tekkimise nimetuse. Idee iseenesest polnud sugugi uus, sest juba enne Kant-Laplace'i hüpoteesi 1755. a Päikesesüsteemi tekkimisest udukogu kokkutõmbumisel oli kuulus prantsuse looduseuurija ja Newtoni tööde tõlkija Georges-Louis Leclerc krahv de Buffon pakkunud välja mõtte, et Päike pörkus kunagi kokku hiidkomeediga. Pörke tulemusena paiskus Päikesest välja ainet, millest siis planeedid tekkisid. Nii sai alguse Päikesesüsteemi tekkimise nn katastroofihüpotees. Jeans analüüsis seda hüpoteesi kriitiliselt ja leidis, et see ei seleta Päikese väikest liikumishulga momenti, sest kuigi Päike sisaldab 99,8% Päikesesüsteemi massist, on tal vähem kui 2% süsteemi üldisest liikumishulga momendist. Jeans lahendas selle vastuolu nii, et asendas komeedi mööduva tähega ja suurendas selle tähe massi ja liikumishulka. Parandus aitas selgitada ka Päikese ekvaatori tasandi kuuekraadist kallet ekliptika suhtes ning aitas vabaneda planetesimaalide sissetoomisest hüpoteesi. Aga ikkagi oli liikumishulga momendi seletamiseks vaja, et Päike oli siis nii suur, et ulatus Neptuuni orbiidini! Kui sai selgemaks tähtede evolutsioon, siis sai selgeks ka see, et Päike pole ialgi saanud nii suur olla. Pealegi puudub mehhanism, mis tekkinud planeetide orbiidid tänapäevasteks muudaks. Jeans küll kohendas oma hüpoteesi, kuid kõiki selle puudusi kõrvaldada ei õnnestunud, kasvõi näiteks Kuu tekkimist.

### Kokkuvõte

Kuninglik Astronoomia Selts tähistas 14. oktoobril 1977. a oma piduliku koosolekuga 100 aasta möödumist Jeans'i sünnist. Ettekandega esines William Hunter McCrea, kes Jeans'i teadustööst rääkides märkis ära iseloomuliku detaili – Jeans'il polnud kunagi olnud kaasautoreid. McCrea järeldas sellest, et Jeans oli endassetõmbunud inimene, kelle ainsaks lõbustuseks oli muusika ja peamiseks tema elus olid perekond ja kodu. Mis puutub endassetõmbumisse, siis küllap siin on paras annus tõtt, kuid samas me nägime, et Jeans võttis aktiivselt osa teaduslikest dispuutidest, eriti Eddingtoniga, tegeles sama aktiivselt Kuningliku seltsi ülesannetega, populariseeris edukalt teadust. Kõik see on aga väga kaugel endassetõmbunud inimese imaagost.

Paljud Jeans'i hüpoteesid ei leidnud teaduse arenedes kinnitust, kuid ilma nende hüpoteesideta poleks teadus nii kiiresti õigete järeldusteni jõudnud. Jeans'i – tänapäevase teoreetilise astrofüüsika pioneeri – tööde tähtsus on nende rikkalikus ideelises sisus. Kogu tema elu oli püüdlemine ümbritseva maailma harmoonia mõistmise poole nii teaduses kui muusikas.

### Kasutatud kirjandus

- 1 A.В. Козенко, Джеймс Хопвуд Джинс, Москва, “Наука”, 1985, 144 стр.
- 2 [http://en.wikipedia.org/wiki/James\\_Jeans](http://en.wikipedia.org/wiki/James_Jeans)
- 3 <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Biographies/Jeans.html>