

Ohtlikud naabrid

Tõnu Viik

Oak Grove (Alabama, USA) - 30. novembril 1954 läbistas 3.86 kilone meteoriiit maja katuse, purustas raadio ja tabas diivanil tukkuvat Ann Elizabeth Hodge'i, kes sai küll kõvasti muljuda, kuid jäi ellu.

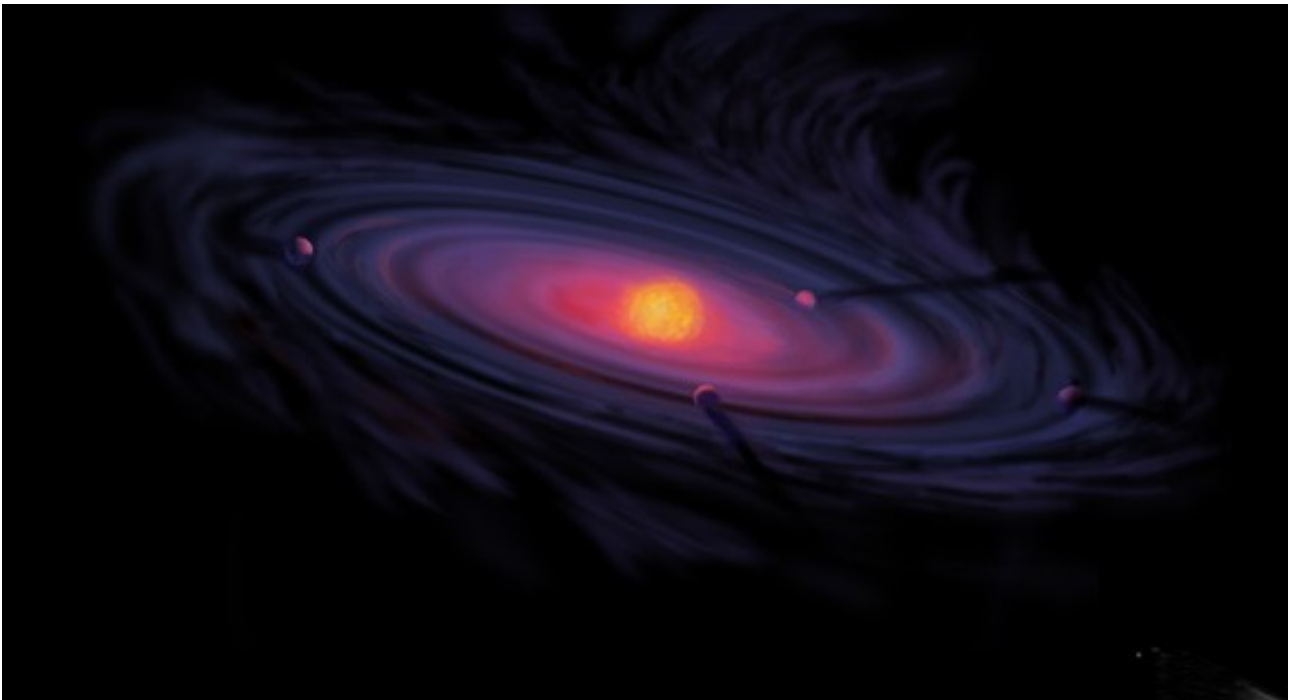
Juancheng (Hiina) - 15. veebruaril 1997 tabas meteoriiit maja, läbistas katuse ja lõhkus supipoti pliidil.

New Orleans (USA) 23. septembril 2003 tabas meteoriiit maja, läbistas katuse, lõhkus antiikse laua, läbistas kolmanda korruse põranda, möödus napilt teise korruse klosetipotist, läbistas alumise korruse põranda ja jäi kildudeks purunenuna pidama pinnases maja all.

Ehk aitab? Selliseid registreeritud juhtumeid on palju-palju rohkem, rääkimata siis neist, mis meile teadmata jäävad, sest kaks kolmandikku Maakera pinnast on meri ning ega kõik maismaa-aladki pole eriti tihedalt asustatud, et selliseid taevast langevaid objekte kindlaks teha. Igal aastal langeb Maale hinnanguliste rehkenduste põhjal 37 000 kuni 78 000 tonni meteoriiitset materjali. Tõsi, enamus sellest kosmilise tolmuks.

Küllap need toodud näited veensid meid selles, et taevas meie kohal ei tarvitse olla ohutu. Tegelikult on asi veel palju tõsisem, kui nendest kurioosetest juhtumitest järeldada võib. Taevast võib alla sadada palju suuremaid objekte ja siis ei piirdu kahju sugugi vaid lõhutud supipotiga. Näiteid pole meil siin Eestis vaja kaugelt otsida - Kaali järv ja Ilumetsa kraatrid on selged tõendid langenud taevakehade purustusvõimest.

Kust aga see kraam ometi tuleb? Sellele küsimusele vastamiseks peame alustama kaugelt. Tänapäeva seisukohtade kohaselt tekkis meie Päikesesüsteem 4.6 miljardit aastat tagasi hiiglaslikust, mitme valgusaasta suuruse läbimõõduga molekulaarse vesiniku ja tolmu pilvest, kui see gravitatsioonijõu tõttu kokku kukkuma hakkas. Võib-olla aitas sellele natuke kaasa ka mõne lähedase supernoova plahvatus, mis pilve aine koomale pressis, et kokkukukkumine alata sai. Kui pilve aine tihedus kasvas, siis liikumishulga momendi jäävuse kohaselt hakkas pilv aina kiiremini pöörlema ja muutus lamedaks, Pilve keskele tekkis 200 astronoomilise ühiku läbimõõduga nn protoplanetaarne ketas ja selle



Protoplanetaarne ketas

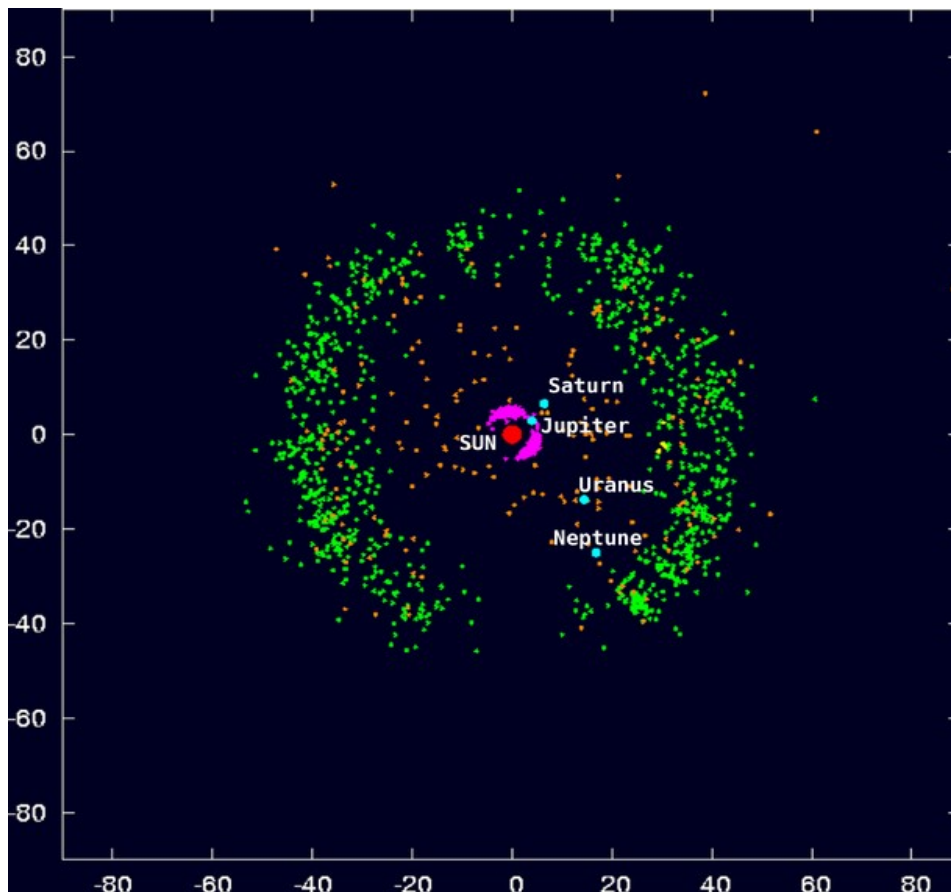
keskel omakorda tihe ning kuum prototäht. Kui selle prototähe tsentris tõusis temperatuur üle 10 miljoni kelvini, siis hakkasid seal toimuma termotuumareaktsioonid, milles vesiniku aatomi tuumad ühinesid heeliumi aatomi tuumadeks ja vabanes energia. Meie Päike oligi sündinud.

Päikesesüsteemi ülejäänud olulised taevakehad - planeedid - tekkisid sellest samast protoplanetaarsest kettast. Aga mitte kogu selle ketta ülejäänud materjali ei muudetud planeetideks. Praeguste teadmiste kohaselt koosneb Päikesesüsteem Päikesest, kaheksast planeedist ja viiest kääbusplaneedist, nende 173st satelliidist ehk kuust ja triljonitest väikekehadest, mille hulka kuuluvad asteroidid, Kuiperi vöö objektid, komeedid, meteoroidid ja planeetidevahelise tolmu. Mõnevõrra hüpoteetiline Öpik-Oorti pilv oma jääste objektidega jääb veel tuhat korda kaugemale, kui kaugel Kuiperi vöö.

Vaatame veidi lähemalt neid väikekehi, sest ainult need saavad meile ohtlikud olla. Aga enne peame tutvuma veel Kuiperi vöö ning Öpik-Oorti pilvega.

KUIPERI VÖÖ

See on Päikesesüsteemi piirkond teiselpool Neptuuni orbiiti kuni umbes 55 astronoomilise ühiku kauguseni Päikesest. Nagu asteroidide vöö, nii ka Kuiperi vöö koosneb Päikesesüsteemi tekkimisel ülejäänud ainega, kuid mitte kivist ja metallist, nagu asteroidid,



Kuiperi vöö. Rohelisega on märgitud avastatud objektid

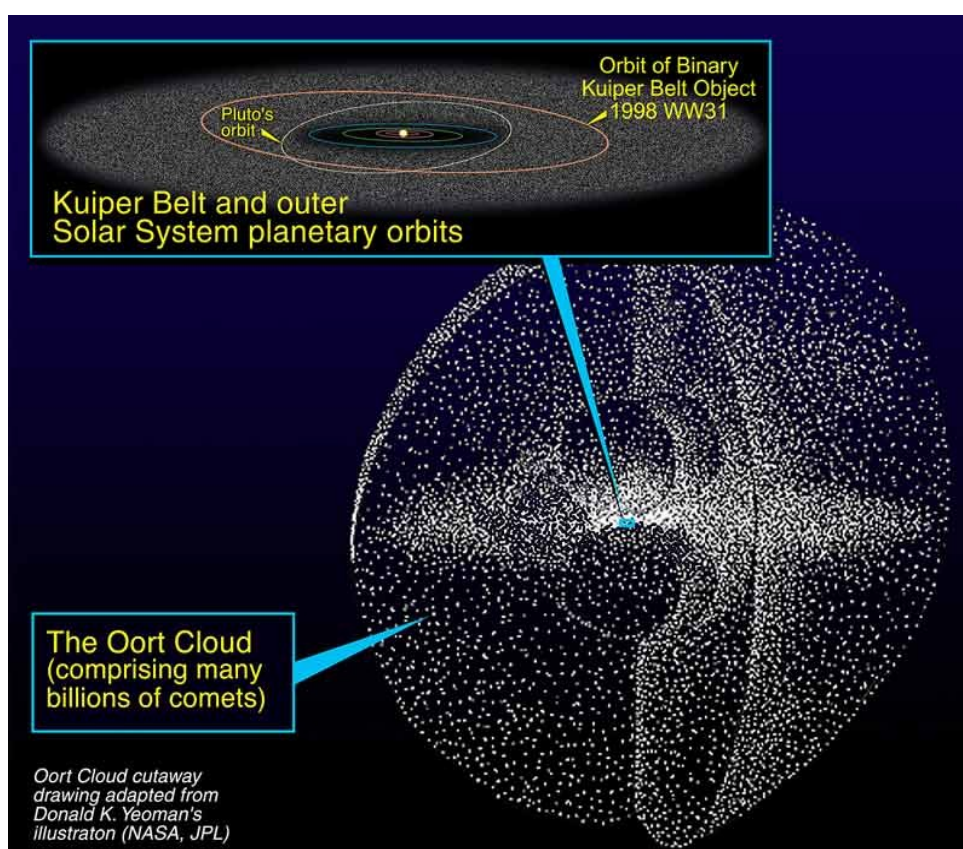
vaid põhiliselt metaani, ammooniumi ja vee jääst moodustunud objektidega. Praegu ollakse kindlad, et Kuiperi vöös on üle 70 000 objekti, mille läbimõõt on üle 100 kilomeetri. Kuiperi vöös on teada ka kolm kääbusplaneeti - Pluuto, Haumea (Havai sünnitusabi jumal) ja Makemake (Rapanui inimeste looja ja viljakuse jumal). Rehkendused näitavad, et ei Uraan ega Neptuun saanud moodustuda seal, kus nad praegu asuvad, sest seal lihtsalt polnud niipalju algset ainet. Ilmselt said nad tekida Jupiterile palju lähemal ja hiljem migreerusid kaugemale Päikesesüsteemi hilisema evolutsiooni käigus. Nii nihkus Neptuun algsesse Kuiperi vöösse, põhjustades seal kohutava gravitatsioonilise segaduse ja tekitades Kuiperi vöö kaugel äärealal nn Kuiperi hajusketta, kust arvatakse tulevat lühiperioodilised komeedid.

Siinkohal oleks võib-olla sobilik rääkida ühest väitest, mis järgneb gravitatsiooniteooriast, kuid millele seaduse nimetust pole antud - planeedi kaaslane orbiit ning Päikese ümber tiirlevate lähedaste objektide orbiidid on stabiilsed siis ja ainult siis, kui nende tiirlemisperioodid suhtuvad kui väikesed täisarvud.

See ongi põhjuseks, miks Kuiperi vöö on jagatud mitmeks eri alaks ja nende alade vahel objektid puuduvad.

ÖPIK-OORTI PILV

Öpik-Oorti pilv on hüpoteetiline komeetidest koosnev sfääriline pilv umbes 50 000 AU kaugusel Päikesest. Arvatakse, et see koosneb sisemisest sfäärilisest osast ja välimisest kettast ning et selle moodustisega Päikesesüsteem ka lõpeb. Praegu teatakse selles sisemises osas vaid nelja objekti, neist üks - kääbusplaneedi nimele pretendeeriv Sedna - on ka pärisnime saanud inuitide merejumalanna järgi. Välimine osa on esialgu vaid hüpotees.



Öpik-Oorti pilv

Miks üldse Öpik ja Oort arvasid, et selline pilv peaks kusagil väga-väga kaugel eksisteerima? Aga sellepärast, et komeetide orbiidid on pikas perspektiivis ebastabiilsed ning seetõttu oleks neil olnud kolm tulevikuväljavaadet - kas kukkuda Päikesesse või planeetidele või igaveseks lahkuda Päikesesüsteemist. Pealegi kuluvad komeetid Päikesest möödudes, sest päikesekiirguse mõjul hakkab nende aine aurustuma ja kaob

maailmaruumi. Seega oleksid pidanud nad olema selle 4.6 miljardi aastaga pildilt hoopis kadunud. Aga nad on olemas. Järelikult peab kusagil olema mingi reservuaar, kus need objektid säilivad otsekui külmkapis ja kust nad hiidplaneetide või lähedaste tähtede raskusjõu mõjul aeg-ajalt välja võetakse ja Päikese poole lennutatakse. See on lihtsalt võimalik, sest suure kauguse tõttu on need objektid Päikesega väga nõrgalt seotud ja iga häiritus võib nad teele saata.

Nagu öeldud, võib seal olla mitu triljonit taevakeha, mille läbimõõt on suurem kui 1.3 km ja mis asuvad üksteisest keskmiselt kümnete miljonite kilomeetrite kaugusel. Kui lähtuda sellest, mida me teame komeetide koostisest, siis Öpik-Oorti pilve objektid koosnevad vee, etaani, metaani, vingu ja vesiniktsüaniidi jäädest, kuid pärast objekti 1996 PW avastamist, mis on rohkem asteroid kui komeet, sai selgeks, et Öpik-Oorti pilve objektid võivad ka kivised olla.

METEOORID JA METEORIIDID

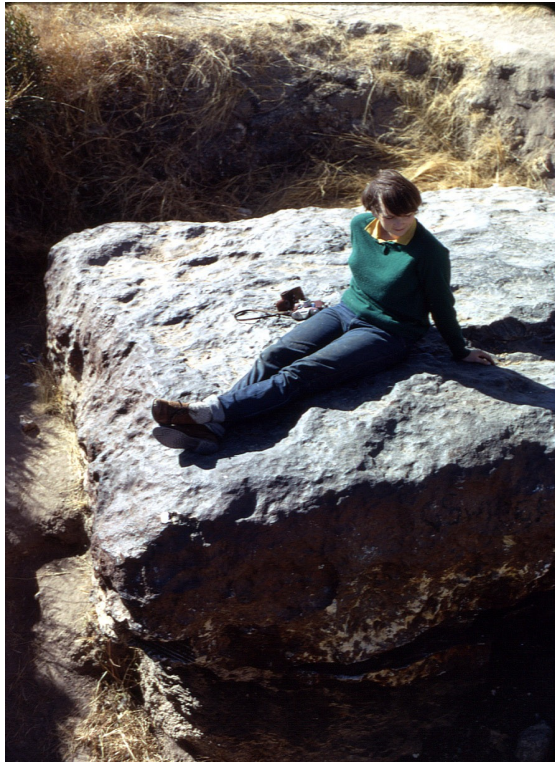
Kui jätta kõrvale lausa tolm, siis kõige väiksemad väikekehad kannavad nime meteoroidid. Need võivad olla liivatera suuruselt kuni paraja rändrahu suuruseni. Kui sellise meteoroidi trajektoorile jääb Maa, siis tungides atmosfääri tihedamatesse kihtidesse hiiglasuure kiirusega - 10-70 km/sek - kuumeneb see keha ja hakkab helendama. Rahvasuu ütleb, et täht langes ja paljud sosistavad salajasi soove, lootes langeva "tähe" abil nende täitumist. Tähega pole muidugi tegu, vaid hoopis meteoriga - atmosfääri tungides muutub meteoroid astronoomide käsitluse kohaselt meteoriks. Ja kui see meteor küllalt massiivne on, et päris ära ei põle, siis maha kukkudes muudab ta jälle nime, seekord meteoriidiks. Kui massiivsete meteoriitide langemisega kaasneb suurejooneline vaatemäng heli- ja valgusefektidega, siis nimetatakse neid meteoriite boliidideks. Boliid võib Maa atmosfääri väliskihte läbistades Maale üldse mitte langeda, vaid oma lendu maailmaruumis jätkata.

Keemiliselt koostiselt jagunevad meteoriidid laias laastus kivi- ja raudmeteoriitideks, kusjuures viimaseid on vaid 6% meteoriitide koguhulgast. Suurim Maal avastatud meteoriit on umbes 80 000 aastat tagasi Namiibiasse kukkunud algselt 66-tonnine Hoba meteoriit. Praegu on sellest järel vaid 60 tonni, sest 6 tonni on loodus ja inimesed nõ kõrvaldanud. Sellest hoolimata on see ikkagi suurim looduslikult eksisteeriv rauatükk Maal.

KOMEEDID

Komeedid on Päikesesüsteemi väikekehad, mis tiirlevad Päikese ümber ja kui nad on

küllalt lähedal Päikesele, siis tekib neil komeedi tuuma Päikese kiirguses soojenemise tõttu kas nähtav udune atmosfäär või saba. Tuum ise on jääst, tolmust ja väiksematest



Hoba meteoriid - suurim maaväline rauatükk Namiibias

kivitükkidest koosnev "räpane lumepall" läbimõõduga mõni kuni mõnikümmend kilomeetrit. Komeetide perioodid ulatuvad mõnest aastast mõne tuhande aastani, kusjuures need komeetid, mille periood on alla 200 aasta, pärinevad Kuiperi vöö hajuskettast ja pikema perioodiga komeetid Öpik-Oorti pilvest.

Nagu öeldud, iga Päikesest möödumisega komeet "kulub" ja lõpuks jäävadki ümber Päikese tiirlema vaid komeedi jäänuste pilv.

Ja kui Maa seda pilve läbib, siis jälgime me "tähesadu", nagu seda on näiteks Perseiidide tähesadu 9.-13. augustil igal aastal. See on Swift-Tuttle'i komeedi jäänustest põhjustatud vaatemäng.

Seisuga november 2008 on teada 3572 komeeti, kuid see arv pidevalt muutub. Kõige kuulsam komeet on vast Halley oma, mille periood on 75-76 aastat (see võib ennekõike Jupiteri ja Saturni gravitatsioonilise mõju tõttu muutuda) ja mis viimati käis Päikesel külas 1986. aastal. Järgmine kord võib seda sündmust oodata 2061. aasta keskel.

Astronoomid vaidlesid kaua, kas komeedi tuumad koosnevad kosmilisest tolmust, mis

Päikesele lähenedes ja kuumenedes vabastavad absorbeeritud gaasid või on nad ameerika astronoom Fred Whipple'i kohaselt mitmesugustest jäädest ja meteoriitsest



Westi komeet

materjalist tahked kehad. Selgus saabus 1986. aastal, kui Euroopa kosmoselaev Giotto möödus Halley komeedi tuumast 596 kilomeetri kauguselt ja pildistas seda lahutusvõimega 100 meetrit pikseli kohta. Vastuvaidlematult sai selgeks, et Whipple'il oli õigus. Kuid ega vaidlus sellega veel lõppenud, sest nüüd hakati vaidlema selle üle, kas see räpane jäätükk on selline kohev agregaat või purdmaterjalist kogum. Kohevat agregaatil iseloomustaks väiksem tihedus, kui mistahes selle komponendi tihedus eraldi võetuna. Nüüd on juba mitu korda komeetide tuumade lähedal käidud, kuid asi pole ikka klaar.

2005. aasta 4. juulil saatis NASA massiivse mooduli vastu komeedi 9P/Tempel 1 tuuma, mis põhjustas võimsa tolmu ning gaasi väljapurske. Tehtud fotode uurimisega selgus, et selle komeedi tuuma tihedus on 0.6 g/cm³, aga ei midagi enam. Lõpliku selguse toob loodetavasti Rosetta-nimelise sondi lend 2014. aastal komeedi 67P/Churyumov-Gerasimenko juurde, mille käigus maandatakse tuumale maandumismoodul Philae 10

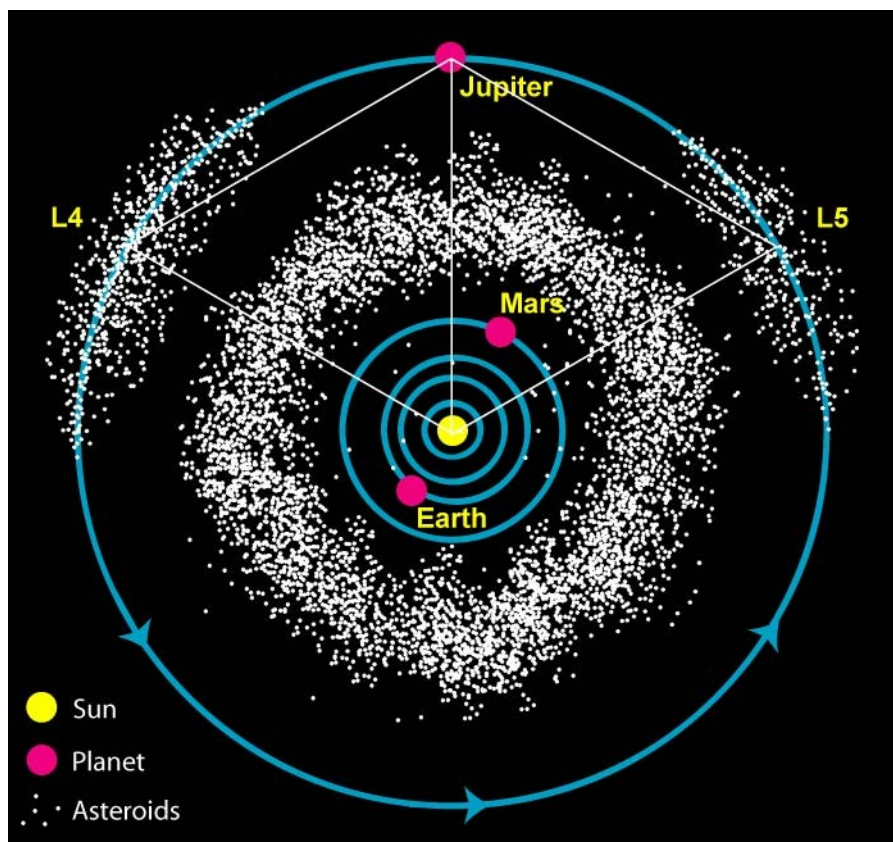
erineva instrumendiga.

ASTEROIDID

Asteroidid, mida teinekord koos komeetidega Päikesesüsteemi väikekehadeks kutsutakse, tiirlevad Päikese ümber ja on planeetidest väiksemad, kuid meteoroididest suuremad taevakehad. Komeetide ja asteroidide erinevus on ähmane ja seisneb peaaesjalikult selles, et komeetidel on udune atmosfäär või lausa saba ja et komeetide orbiidid on enamasti suure ekstsentrisusega, st väga välja venitatud. Aga viimased uuringud näitavad, et ega nende kehade vahel teravat piiri polegi.

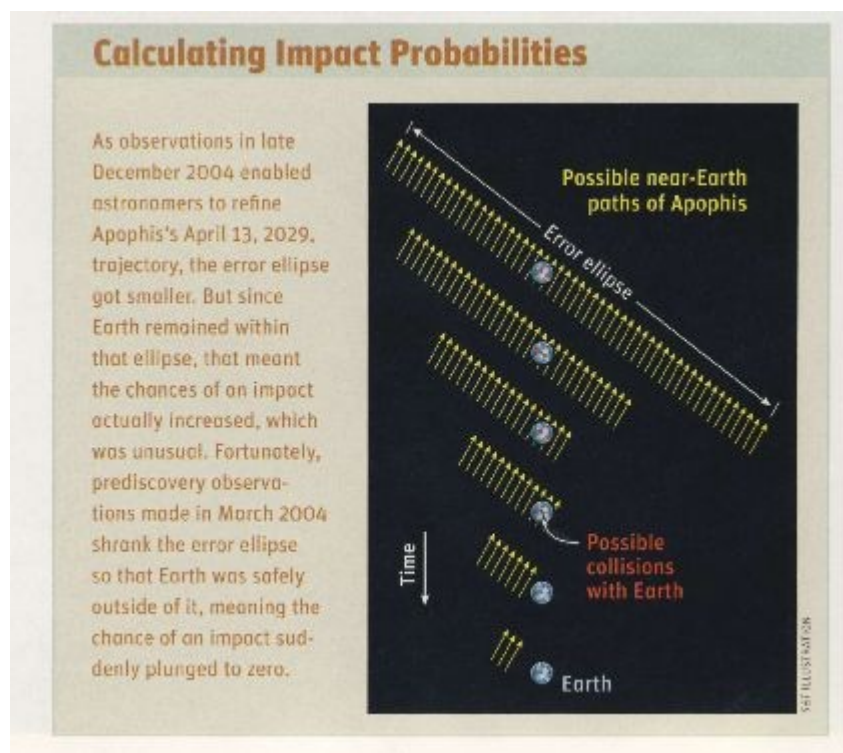
Esimese asteroidi avastas itaallane Giuseppe Piazzi 19. sajandi esimesel päeval ja see sai nimeks Ceres. Tänapäevaks on ta saanud lausa kääbusplaneedi pagunid. Kuni 1. juunini 2007 on neid avastatud 376 537 ja numbrid on saanud neist 159 366.

Põhiliselt paiknevad asteroidid Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel, kuhu arvatavasti oleks tekkinud planeet, kuid kiiresti massiivseks kasvanud Jupiter poleks seda takistanud. Nii jäi planeet tekkimata. Need asteroidide peavöös paiknevad kehad Maad ei ohusta, kuid lisaks



Asteroidide vöö

neile on veel nn Maa-lähedasi asteroide. Kolm kõige tähtsamat selliste asteroidide rühma



Apophise ja Maa kokkupõrke rehkendus

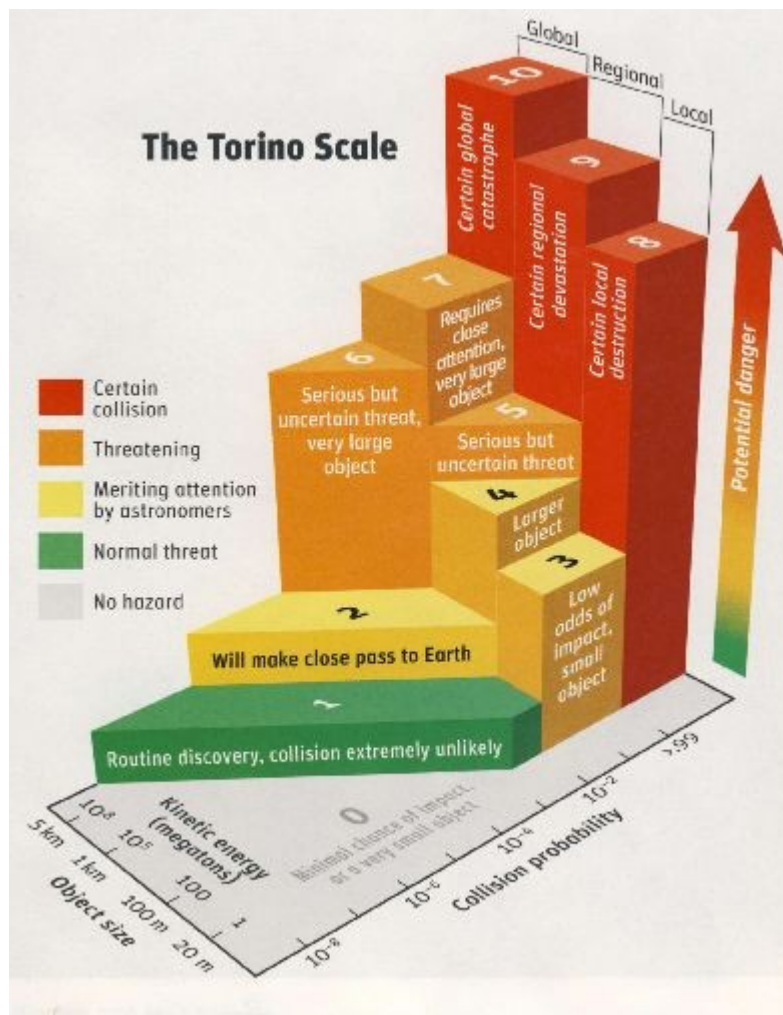
on Apollod, Amorid ja Ateenid ning eriti ohtlikud on Ateenid ja Apollod, mille orbiit võib Maa orbiidiga lõikuda. Arvatakse, et asteroidid diameetriga 5-10 m põrkuvad Maaga kord aastas, vabastades energia, mis võrdub Hiroshima pommi energiaga. Need plahvatavad kõrgel atmosfääris ja praktiliselt kogu nende aine aurustub. Asteroide diameetriga 50 m piires langeb Maale kord tuhande aasta jooksul, põhjustades Tunguska tüüpi plahvatuse suurte purustustega. Asteroide diameetriga üks kilomeeter langeb Maale paar korda miljoni aasta jooksul. Sellise asteroidi langemisel vabanev energia võib põhjustada globaalse katastroofi. Viie kilomeetrise läbimõõduga asteroid võib Maad tabada kord kümne miljoni aasta vältel ja see oleks päris kindlasti tsivilisatsiooni ärakell.

Selliste põrgete mõju hindamiseks on koostatud nn Torino skaala, mis ulatub nullist kümneni - nulli puhul ohtu pole, aga kümme tähendab globaalset katastroofi.

APOPHEIS

2004. aasta jõulude ajal said Maa-lähedaste kehade uurijad teada, et Roy Tucker Goodricke-Pigotti observatooriumist, David Tholen ning Fabrizio Bernardi Havai ülikoolist

on avastanud asteroidi 2004 MN₄, mis võib tabada Maad reedel, 13. aprillil (!) 2029 ja selle sündmuse tõenäosus on 1/200 (Torino skaalal 2). Põrkel vabaneva energia hulk



Torino skaala. 0 - kokkupõrke ohtu pole, 1 - globaalne katastroof

oleks tuhanded megatonnid TNT vääringus. Suhteliselt väikeste (ja kaugete) asteroidide diameetrit otse määrata ei saa, seepärast kasutavad astronoomid iga võimalust, et asteroidi albeedot ehk peegeldusvõimet määrata. Selle kaudu saab ka asteroidi mõõtmeid hinnata. Ähvardava asteroidi diameetriks saadi vahemik 200 meetrist kuni 1.5 kilomeetrini. Kohe alustati selle asteroidi massilisi vaatlusi trajektoori täpsustamise eesmärgil ning 27. detsembriks oli kokkupõrke tõenäosus kasvanud 1/37ni (Torino skaalal 4). Asi muutus väga tõsiseks. Õnneks leiti vanadel fotodel seesama asteroid ja uued rehkendused näitasid, et asteroid siiski möödub Maast umbes 5 Maa diameetri kaugusel. Vaatlused infrapunases spektriosas kinnitasid ka seda, et selle asteroidi koostis on nagu tavalisel kivimeteoriidil, mis lubas kaunis täpselt hinnata asteroidi diameetrit - 320 meetrit. Selleks

ajaks oli asteroid saanud pärisnimeks Apophis, Vana-Egiptuse hävitusjumala Apepi järgi.

2005. aasta jaanuaris tegid vaatlejad Arecibo raadioteleskoobil kindlaks, et Apophis möödub Maast siiski kaks korda lähemalt, seega juba seespool geosünkroonsete satelliitide orbiite. Mida me siis näeksime 13. aprilli 2029? Umbes tund enne päikeseloojangut liiguks väga aeglaselt üle Lääne-Euroopa ja Põhja-Aafrika taeva 3. tähesuuruse objekt, mida selgesti ka palja silmaga saab näha. Loodetavasti ei näe me siis midagi rohkemat ... Kuid, me pole veel pääsenud, sest Maa raskusväli painutab asteroidi trajektoori 28 kraadi, mille tulemusena Apophise tiirlemisperiood ümber Päikese muutub pikemaks. Kui Apophis läbib oma 2029. aasta möödalennul teatud kindla 610 meetri laiuse ruumiosa, nn lukuaugu, siis täpselt seitse aastat hiljem on Apophis samas kohas. Aga seal on ka siis Maa. Õnneks saadi 2006. aastal Apophise orbiiti Arecibo raadioteleskoobi abil täpsustada ja praegu on Maa ja Apophise põrkumise tõenäosus 2036. aastal vaid 1/48000. Seda saab siiski kindlalt väita vaid 2010. aastal, kui Apophis möödub lähedalt Maast ja me saame seda vaadelda nii optiliste kui raadioteleskoopidega. Et olla Apophise orbiidis täiesti kindel, kavatseb NASA saata asteroidi "pardale" 2013. aastal raadiomajaka, mis saadaks kindlate ajavahemike tagant signaali, mida raadioteleskoobid kinni püüavad ning selle kaudu asteroidi täpse asukoha määravad.

KUIDAS OHTU VÄLTIDA?

Mida aga teha, kui Apophis 2029.aastal lukuaugust siiski läbi läheb? Kui me midagi ette ei võta, siis saab Apophise ja Maa soe kohtumine 2036. aastal teoks. Seda siiski väita ei saa, et ideid poleks. Selge on see, et Apophisele tuleb uus orbiit anda, et ta Maast mööda läheks, kusjuures parem selline, et ta enam kunagi Maa lähedalegi ei satuks. Ent kuidas? Saadame Apophise lähedale suure täispuhutava peegli, mis päikesekiirguse rõhu abil Apophist eemale kallutab? Või võimsa laseri, mis kõrvetab asteroidi pinda, nii et väljapaiskuvad gaasid tasakesi reaktiivjõudu osutavad? Põrutame Apophise pihta midagi rasket, mis selle meist eemale peletab ja võib-olla isegi tükki purustab? Paigutame asteroidi külge reaktiivmootorid, mis asteroidi meist eemale suruvad? Äkki laseme asteroidi võimsa tuumapommiga pilbasteks? Kahe viimase meetodi häda on selles, et kui asteroid isegi puruneb (ka see pole kindel, sest kui on tegu urbse ainesega, siis plahvatusenergia neeldub õõnsustes ja asteroid võib terveks jääda), siis saame palju tükke, mis ikka meie pihta võivad tulla. Pommi puhul on need tükid siis ka veel radioaktiivsed!

NASA astronautid Edward Lu ja Stanley Love on pakkunud idee, mille sisu on asteroidi

ohtlikult trajektoorilt eemale vedamine, kusjuures kõieks on raskusjõud. Kosmoselaev pargitakse asteroidi lähedasele orbiidile, nii et gravitatsiooniline tõmbetung oleks nende vahel küllalt tugev. Sellele vastu töötavad laeva tuuma- või päikeseenergiat kasutavad ioonmootorid niikaua kui tarvis, et asteroidi uuele trajektoorige vedada. Kui me saame sellise laeva kohale paigutada enne 2029. aastat, siis aitaks ainult mõnestsajast meetrist, et asteroidi lukuaugust eemale vedada. Selle meetodi suureks eeliseks on, et me ei pea teadma, missugused on asteroidi pinna omadused või siseehitus või kui kiiresti see pöörleb, raskusjõud töötab ikka.

KAS NEIST KASU KA VÕIKS OLLA?

Kummaline, et meid praegu ohustavad taevakehad panid võib-olla üleüldse aluse elule Maakeral 3.8 miljardit aastat tagasi, tuues siia vett ja süsivesinikke. Nii et me oleme neile kõvasti võlgu.

Kui ülaloodud väide jääb kahtluste piirimaale, siis kindel on see, et me saame Päikesesüsteemi minevikku nende kehade abil kindlasti uurida. Külmas planeetidevahelises ruumis tiireldes on nad säilitanud palju omadusi sellest tekkimiseajast.

Kui me kavatseme kosmost tõsiselt hõlvata, siis vedada materjale millegi ehitamiseks kuhugi kaugele on äärmiselt kulukas. Kasutame parem ära selle, mis seal juba kohal on. Eriti huvitavad on väga puhas raud ja nikkel, aga ka koobalt, plaatina, gallium, germaanium ja kuld. Seda kraami pidavat olema asteroidides iga Maa inimese kohta 100 miljardi USD väärtuses! Samuti oluline on tavaline vesi, mida on eriti palju komeetide tuumades. Ja kui me neilt ka süsivesinikke leiame, siis on asteroidid lausa planeetidevaheliste lendude kütusetanklateks!

Ning kokkuvõtteks - Maalähedased objektid on ohtlikud, isegi väga, kuid kui me oleme targad, siis me ei jaga dinosauruste saatust, vaid lõikame hoopis neist objektidest kasu.

Illustratsioonide allkirjad

1. Protoplanetaarne ketas -

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protoplanetary_disk.jpg

2. Kuiperi vöö - http://en.wikipedia.org/wiki/Kuiper_belt

3. Öpik-Oorti pilv - http://en.wikipedia.org/wiki/Oort_cloud

4. Hoba meteoriid: suurim maaväline rauatükk Namiibias -

http://en.wikipedia.org/wiki/Hoba_meteorite

5. Westi komeet - <http://en.wikipedia.org/wiki/File:W-preview.jpg> (it can be used for non-profit purposes and credit is given to Peter Stättmayer and [ESO](#))

6. Asteroidide vöö - <http://keetsa.com/blog/pollution/climate-change/forget-being-eco-friendly-we-are-all-going-to-die/>

7. Apophise ja Maa kokkupõrke rehkendus - Sky&Telescope, vol. 112, no 5, 2006.

8. Torino skaala. 0 - kokkupõrke ohtu pole, 1 - globaalne katastroof - Sky&Telescope, vol. 112, no 5, 2006.