

Csillagászati hírek

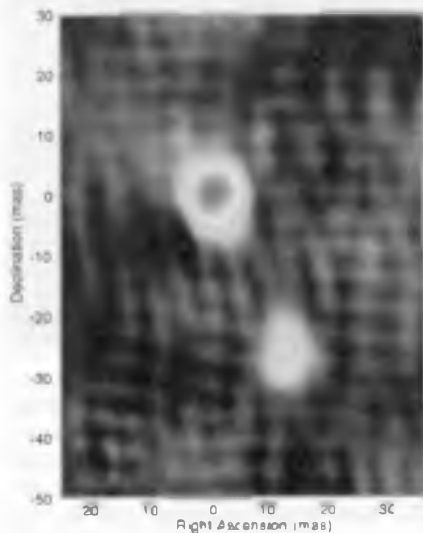
Különös kvazár a „világ végén”

A J1427+3312 jelű kvazárról csak nemrég íta tudjuk, hogy színképvonalainak vöröseltolódása $z=6.12$. Jelenleg alig több mint húsz 5.8-nél nagyobb vöröseltolódású kvazárt ismerünk. A szóban forgó kvazár sugárzása a Világegyetem jelenlegi kora kb. 7% ának megfelelő időszakból származik. Akkor az Univerzum még alig 900 millió éves volt. Mind a mai napig ez az egyetlen rádióterományban is fényes kvazár, amelyre $z > 6$ -ot mértek tehát a leg távolabbi amelyet jelenleg ismerünk.

Egy magyarországi és hollandiai csillagászköből álló csoport az Európai VLBI Hálózattal (EVN) kísérletet meg tették, hogy felmérjék a J1427+3312 rádió szerkezetét. A rádió-interferométeres mérések során létező egymástól távol telepített rádióteleszkópok adatai számítógéppel kombinálhatók. Az így létrehozott interferencia révén – legalábbis a rendszer szögfelbontását tekintve – egy akkora képzeletbeli rádiótávcső „állítható elő”, mint amekkora a hálózatban levő egyes antennák közötti legnagyobb távolság. Az EVN csak nevében európai, valójában még annál is nagyobb, a mérésekhez használt tíz antenna közül kettő Kínában, egy a Dél-Afriai Köztársaságban helyezkedik el. Az antennákkal két különböző frekvencián, 5 GHz-en (2007. március 3.) és 1.6 GHz-en (2007. március 11.) egyenként 7–7 órán át figyelték meg a halvány célpontot, valamint az égen közel ugyanabban az irányban látszó, de sokkal közelebb és fényesebb kvazárokat, a rendszer kalibrációjához. Az adatok utólagos feldolgozása, az interferencia előállítására az EVN központjában (Európai VLBI Intézet, JIVE, Dwingeloo, Hollandia) került sor.

Az eredmény, a kvazár mindkét rádió-frekvencián detektálható volt. Az 5 GHz-es mérések esetén az interferométer felbontása

kb. 2 ezred ívmásodperc, ami a J1427+3312 távolságában szűk 40 fényévnek (!) felel meg. Megerősítést nyert, hogy a rádiósugárzás valóban igen kis léptékből ered. A magasabb, 5 GHz-es frekvencián a kvazár lényegesen halványabb, mint 1.6 GHz-en. III. Erdemes emlékeztetni rá, hogy a Világegyetem tágulásával minden méret, így az elektromágneses sugárzás hullámhossza is növekszik. Amikor a kvazárt elhagyták, a most a Földön észlelt rádióhullámok frekvenciája még 7,12-szer nagyobb volt. Az 5 GHz-en észlelt sugárzás frekvenciája tehát a forrással együtt mozgó rendszerben közel 36 GHz. Az 1.6 GHz-es rádiókép meglepetése, hogy a fényesebb komponensről dél-délnyugati irányban egy másik, halványabb és valamivel kiterjedtebb folt is látszik.



A J1427+3312 kvazár VLBI rádióképe 1.6 GHz frekvencián. A két komponens távolságának az égboltra eső vetülete mintegy 520 fényévnek felel meg.

A kvazár kétszörös szerkezetű és rádiószíneképe alapján kísértetiesen hasonlít egy, a közelebbi Univerzumban is viszonylag

ritka típusra. Ezeket az aktív galaxismagokat kompakt szimmetrikus objektumoknak (angol rövidítéssel: CSO) hívják, amelyek feltehetőleg azért kicsik, mert még fiatalok. Fejlődésük elején tartanak, emellett rövid fejlődési szakasz is képviselnek. Komponenseik egymástól távolodnak, s egyszer ha megériük, talán óriási rádiógalaxisok válnak belőlük.

Az ismert CSO-k jellemzően $z=1$ alatti vagy ahhoz közeli vöröseltolódásúak. Évtizedes vagy hosszabb VRI megfigyeléssorozatokkal néhányuk láglási sebességét is sikerült pontosan meghatározni. Ezek az aktív galaxismagok alig néhány ezer, vagy csupán néhány száz éve mutatkoznak ebben a formában! Az egyelőre csak gyanú, hogy a J1427+3312, a jelenleg ismert legrövidebb kvazár is ilyen „gyerekkori” CSO. Mindenesetre várható, hogy a közeljövőben egyre több lávni halvány kvazár – köztük a rádióirtományban is észlelhetők – vöröseltolódását sikerül megállapítani optikai színképvonalak alapján. Joggal feltételezhető, hogy a rádiócsillagászati katalógusokban már most tomegével fellelhető halvány források egy része ugyancsak $z>6$ kvazár lehet, csak éppen nem tudtuk még semmit a vöröseltolódásukról.

A J1427+3312 VRI képeit készítő csoport tagjai: Frey Sándor (FÖMI Koszmikus Geodéziai Observatórium), Leonid Gurvits, Paragi Zsolt (IIVF, Hollandia) és Gabányi Krisztina (MTA Fizikai Geodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport). A munka az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA, K22515) támogatásával folyt. Az EVN-bez való hozzáférést az Európai Unió a 6. Kutatás-Fejlesztési Keretprogram RadioNet projektje keretében segítette.

orXiv 0805.0424 – Frey Sándor

Mi hajtja a részecskeugarakat?

Az aktív galaxismagokban (AGN) található nagytömegű központi fekete lyukaknál sok esetben figyelhető meg egy nagyenergiájú részecskékhöz álló, ellentétes irányú nyaláhpár. Nagy kérdés, hogy ezekben a nyalá-

okban milyen mechanizmus gyorsítja fel a plazma részecskéit közel fénysebességre. Egy új megfigyeléssorozat eredményeként a kérdéses objektumok egyik csoportja az ún. hlazárok esetében a kutatók közelebb kerültek a kérdés megválaszolásához.



Fantaziaraz a centrumból kilátó mozgó spirális lökéshullámról, amin leltény és keretében áthalad a hozzánk közlelő nyaláhn, melyet a vonalakkal a spirálisan felszavarocott érdvonalakkal elzik. A tovább akhan a ökéshullám áthalat a jeltér, ta áthalat, X alakú stacionári us stürűsödésen, am egy másodk feltény éssel jár.

Alan Marscher (Boston University) és munkacsoportja több éven keresztül a 950 millió fényévre található BL Lac nevű hlazárt tanulmányozta optikai, röntgen és rádióirtományokban dolgozó teleszkóppal. A leginkább elfogadott elmélet szerint a részecskeáramok gyorsításáért a fekete lyukhoz közeli, a körülötte található akkréció s korng differenciális rotációja miatt jelentősen felszavarodott, s így nagyon erős mágneses terek felelősek. Marscher szerint ezt az elméletet a VLBA antennarendszerrel végzett nagyfelbontású megfigyelések teljes mértékben alátámasztani látszanak, a rádióképek ugyanis a fekete lyukból csavarvonal mentén kifelé mozgó anyagáramot mutatnak.

A kitorések a fekete lyuk közvetlen közelében indulnak, ahol az ún. mágneses árcsatolódás extra energiát pumpál a nyalábnakba, ami valószínűleg a jeltér spirálisan kifelé haladó lökéshullámot indukál. Ez és a mozgó anyag által kihocsátott egyéb sugár-

zás felfénylést okoz, amikor a nyaláb látóiránnyal bezárt szöge a legkisebb. Néhány hét múlva, ahogyan az anyag hűlésével és tágulásával az emisszió halványodik, egy második felfénylés is várható a jel és a galaxis környező gázanyaga közötti nyomáskülönbség következtében létrejött stagnárius lokeshullám által indukált sűrűsödésben.

Nature 452, p. 966 – Kovács József

Sötét anyag a laboratóriumban?

Olasz kutatók szennyezés a szakma által egyelőre rendkívüli kételkedéssel fogadott jelentést tettek a hipotetikus sötét anyag laboratóriumi detektálásáról. Az elképzelések szerint a Világegyetem anyagának és energiájának mindössze kb. 4 százaléka van jelen általunk is látható, megfigyelhető formában. Körülbelül 20 százaléknyi része az ún. sötét anyag a maradék, tehát a legnagyobb rész az ún. sötét energia, melynek hatása a Világegyetem gyorsuló tágulásában mutatkozik meg.



A kb. 100 kg-os NaI kristályokból álló detektorok kemf.ése a DAMA/NaI berendezés első csekély radioaktivitási rétegtől készült kamrájából (The DAMA Project)

Olaszországban, az Appeninekhez tartozó Gran Sasso csúcsa alatt található részecskefizikai laboratóriumban működik a DAMA (Dark MATter) projekt, melynek célja a galaktikus haló sötét anyagából származó részecskék detektálása. A kísérletben több szcintillációs detektort alkalmaznak. Ezek közül az egyik, a körülbelül 100 kg NaI-t tartalmazó DAMA/NaI 2002 júliusáig a

körülbelül 250 kg nátrium-jodiddal feltöltött DAMA/LIBRA (Large sodium iodide Bulk for Rare processes) 2003 márciusa óta üzemel. A berendezéseken alkalmazott rendkívül csekély radioaktivitású NaI kristályok szintén alacsony aktivitású, rézház készült kamrákban helyezkednek el.

A kristályokban bekövetkezett kölcsönhatási eseményeket felvillanások jelzik, s ezeket a fotonnal fotoelektron-sokszorozó csövekkel (PMT) detektálják. A zavaró hatásokkal (például a környezeti neutronokkal) különböző árnyékoló pajzsokkal, többek között a Gran Sasso szikláinak felhasználásával készült 1 méter vastag betonréteggel próbálják kiküszöbölni. A rézház körül enyhe túlnyomás uralkodik, ami egy háromlépcsős szigetelőrendszer egyik eleme. A berendezések teljes egészében légkondicionáltak az állandó hőmérséklet tartásában pedig sokat segít a több tonnás, rendkívül nagy hőkapacitású pajzs, amihez a rézházak kapcsolódnak.

A kísérletek során a DAMA/NaI mára már 7 éves ciklust észlelt végig. A mérési adatok Rita Bernabei (Universita di Roma) és munkatársai által elvégzett részletes elemzése azt mutatja, hogy a berendezésben detektált események számának változása nagyon jól követi a galaktikus haló sötét anyagából származó részecskék számának a nyolcvanas évek közepén Froese és munkatársai által előrejelzett évi változását. Azt találták ugyanis, hogy a részecskék közötti kölcsönhatási események pontosan egy éves periódussal ingadoznak, gyakorisági maximumuk pedig egybeesik azzal az időszakkal, amikor a Föld Nap körüli keringési sebessége hozzáadódik a Tejútrendszerhez viszonyított keringés sebességéhez, s így több sötétanyag-részecske halad át detektorainkon (és testünkön), mint fél évvel később. A DAMA/LIBRA három évvel rövidebb időszakra kiterjedő, de jóval pontosabb adatokat megerősítették ezt az eredményt. A kutatók minden egyéb, hasonló effektust okozó tényezőt ki tudtak zárni, így a két méréssorozat kombinált eredménye igazolhatja a sötét anyag jelenlétét.

Amennyiben független kísérletek igazolni fogják a DAMA projekt eredményeit, fantasztikus áttörésről lehet szó. Egyelőre ennek azonban semmi jele, s a szakma képviselőinek többsége elutasítja a detektált jelek fenti értelmezését. Maguk a kutatók is előzetes eredményként kezelik a több mint tíz éven átívelő mérésorozat feldolgozását, amit mindeddig nem is publikáltak vezető szakmai folyóiratban. Mindenesetre elképzelhető, hogy a galaxisok szerkezetét, nagyléptékű térbeli eloszlását meghatározó hatással érzékeny földalatti részecske-detektorok segítségével fogjuk megérteni.

arXiv:0804.2741v1 – Kovács József

Furcsa csillagszületés a Déli Szélkerék-galaxisban

A Déli Szélkerék galaxis (M83) egy körülbelül 15 millió fényévre található spirálgalaxis, amely a Földről a Hydra csillagkép irányában látható. Ezt a lejtrendszert a NASA Galaxy Evolution Explorer (GALEX) szondája régebben is vizsgálta már. 2005-ben például sikerült a rendszer igen távolra elnyúló külső spirálkarjait, illetve azokban néhány csillagot azonosítani. Az ultraholya tartományban működő hasonló műszerek segítségével ilyen a galaxisok központi vidékétől igen messzire kinyúló karokat más rendszerek esetében is azonosították már.

A legutóbbi megfigyelések elemezésénél a GALEX által az ultraholya tartományban felvett kép mellett a Very Large Array (VLA) rádióteleszkópei által rögzített adatokat is felhasználták. Új csillagok keletkezése a galaxisok központtól távoli vidékein azért lepte meg a csillagászokat, mert a modellek szerint ezekben a távolságokban már nincsenek csillagkeletkezésnek helyszínt adó sűrű hidrogénfelhők. Amikor azonban a fiatal csillagokra jellemző intenzív ultraholya sugárzást megöröklítő képeket és a kiterjedt hidrogénfelhők detektálására alkalmas rádióképeket összevetették, nagyfokú egyezés mutatkozott. Ez arra mutat, hogy az M83 galaxisban a centrumtól igen távol levő hidrogénfelhőkhöz valóban csillagok

keletkeznek. A felvételen az M83 fő spirálkarjainak, illetve a galaxis központi tartományainak fő struktúrái is láthatók.



A Déli Szélkerék galaxis (M83) ultraholya és rádióterületében rögzített adatokból készített felvétel, amelyen jól láthatók a galaxis külső spirálkarjai és a benne keletkező fiatal csillagok (NASA/IPL-Caltech/VLA/MPA).

A csillagászok elképzelései szerint a csillagok olyan körülmények között keletkeznek a galaxis ezen tartományában, amelyek hasonlóak a korai Univerzumban uralkodó feltételekhez, amikor a csillagközi anyagot még nem dúsította fel a szupernóva-műhánákból származó poranyag és a nehezebb kémiai elemek.

NASA PR 2008-04-16 – Molnár Péter

Törpecsillag távoli törpe kísérővel

Napjaink fontos csillagászati kérdései közé tartozik a halványok és csillagok közötti „határvonal” vizsgálata – már ha egyáltalán létezik ilyen. Jelenlegi tudásunk szerint a hidrogén-fúzió a legalább 0,075 naptömegű csillagok helcséjében indul be. Az ennél alacsonyabb tömegű égitestek is termelhetnek egy kevés energiát, lítium, illetve deuterium fúziója révén (ezeket az objektumokat nevezzük harna törpéknek), azonban kb. 0,013 naptömeg (azaz kb. 13 jupitertömeg) alatti már semmilyen magreakció nem indul be – így

elméletileg ez a tömeg jelenti a határt az óriásholygók és a harna törpék között.

Az utóbbi években több tucat objektumot fedeztek fel az 5 és 80 Jupiter-tömeg közé eső tartományban, közülük néhányat keltős vagy többes rendszerben. A két harna törpét, vagy egy hideg törpécsillagot és egy óriásholygót tartalmazó rendszereket ultrahideg törpekeltősöknek nevezzük. Az ilyen „átmeneti” tartományba eső objektumok alapos vizsgálata segíthet megérteni a holgók- és csillagkeletkezés eddig homályban maradt részleteit.

Spanyol csillagászok egy csoportja a 4,2 m átmérőjű William Herschel távcsővel (Kanári-szigetek) vizsgálta az USCoCTIO 10A jelű harna törpécsillagot. Az objektum egy a Scorpius csillagképhez látszó, tőlünk mintegy 470 fényévre lévő csillagasszociációban található. A látható, illetve közeli infravörös tartományban végzett mérések alapján sikerült azonosítani egy kisérő égitestet, mely kb. 670 CSE távolsághoz kering a főkomponens körül. Ez az eddig talált legtávolabbi, s egyúttal leggyengébb gravitációs kötöttségű ultrahideg törpekeltős rendszer.

A színképi vizsgálatok alapján a két komponens hőmérsékletére 2700 ± 100 ill. $2350 +^{100}_{-200}$ Kelvin, tömegükre $60 + 20$ illetve $14 + ^2_R$ Jupiter-tömeg adódott – azaz a kisérő égitest tömege nagyon közel van a már említett elméleti holgók-csillag határtömeghez. Becsült hőmérséklete alapján viszont az új objektum inkább harna törpécsillag, mint planéta (az óriásholygók feltételezett maximális hőmérséklete 600–700 K körül lehet).

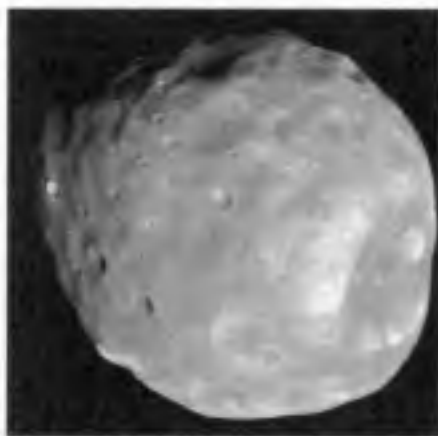
Az USCoCTIO 10A újonnan felfedezett tagjának létrejöttét nehezen magyarázható azzal az elterjedt elmélettel, miszerint a keltős rendszerben lévő, kis tömegű harna törpék – a holgókhoz hasonlóan – a főkomponens körüli akkréációs korongban alakulnak ki. A számítások szerint egy ekkora tömegű kisérő – ezen a módon – a főcsillaghoz csak jóval közelebb jöhetett volna létre. A gyenge gravitációs kötöttség miatt az is valószínűtlen, hogy a keltős egy instabil többes rendszerből lökdöött volna ki.

A V.J.S. Béjar (Instituto de Astrofísica de Canarias) által vezetett kutatócsoport feltételezése szerint a rendszer – a hagyományos kettőscsillagok egyik lehetséges kialakulási módjához hasonlóan – egy nagyobb tömegű csillagkezdemény szétdarabolódása során keletkezett. Ha a csillaghalmozók sűrűbb, centrális tartományaiiban nagy számban megvénghet hasonlóan tág, ultrahideg keltősök kialakulása, akkor bizonyos esetekben a kisebb komponensek elszakadhatnak a főcsillagtól – ez pedig magyarázatot adhat a közelmúltban felfedezett magányos, holgóméretű objektumok léteire.

ING PR 2008.03.23 · Szalai Tamás

Új képek a Phobosról

A Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) HiRISE kamerájával nemrég több felvételt is készítettek a Phobosról. Bár ezek maximális felbontása nem haladja meg a korábbi legjobbjához MGS fotóképet (azokon 4 méter volt a legkisebb azonosítható részlet), mégis sokkal tisztábbak, kevesebb zajjal terhelték, ezért látványosabbak az új felvételek.



A Phobos barázdált felszíne (HiRISE, JPL, UA)

Az MRO 2008. március 23-án haladt el a Phobos mellett, amikor maximálisan 5,8 méter felbontású képeket rögzített róla, mintegy 5800 kilométer távolságból. A képeken a legfelismerhető alakzat a 0,1 km átmérőjű

Stickney-kráter, az égitest legnagyobb becsapódásos képződménye. Sok kisebb kráter, valamint néhány szikladarab is látható még a képen, de talán ezeknél is fellütnöbhek az egymással párhuzamos mélyedések.

Újabbiak kiterjedt rendszert alkotnak, amely a hold egész felületén követhető. Eredetük pontosan nem ismert. Egy részük mintha a Stickney-kráterről indulna ki radiálisan és talán a kráter robbanásakor keletkezett repedésekkel mutatja, de a harázdák helyzete alapján más magyarázat is elképzelhető. Már régebben felmerült, hogy az árkok az égitest réteges felső szerkezetének felszíni nyomai, amelyek még akkor keletkezettek, amikor a Phobos egy nagyobb objektum részét alkothatta.

Sok harázdos kráterek láncolatára emlékeztet. Ezek úgy is létrejöhetnek, hogy Mars körüli pályán keringő törmelék „hombáztá végig” a felszínt. A törmelékek csoportjai származhattak a Phoboson történt becsapódásokból is, de akár a Mars felszínéről kirobbant, és a holdgó körüli pályán maradt töredékek ütközései is létrehozhatták azokat.

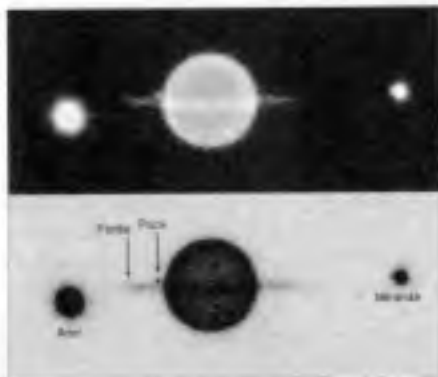
A látványos felszínformák másik típusát a meredek részeken hekövntkzett a lejtős tömegmozgások jelentik, elsősorban a kráterek belső lejtőin. Bár a Phobos felszínén a nehézségi erőtér közel észszerű gyengébb a földinél, látványos omlásos csuszamlásos formák alakulnak ki. Ezek a felszín egyes részeinek korheklésében is segítenek, a kozmikus erózió ugyanis idővel sötétebbi és vörössé színezi az anyagot – ennek megfelelően minél világosabb és kékesebb árnyalatú egy terület, annál fiatalabb. A legfiatalabb csuszamlások kékesfehér árnyalatuk révén azonosíthatók. További érdekesség még az új fotókon, hogy a Stickney peremén egy világosabb folt is jelentkezik, amelynek eredete egyelőre ismeretlen.

NASA PR 2008 04 09 – Kru

Uránusz: gyűrűk és holdak az ESO felől

A 20 CSE sugarú pályáját 84 esztendő alatt bejáró Uránusz forgástengelye majd-

nem a keringési síkjában fekszik emiatt 42 évenként kerül olyan helyzetbe, hogy gyűrűrendszere a Nap irányából az életről látszik. Ebben az időszakban a Póldról tekintve is kivételre lehetőség nyílik mind a gyűrűk, mind a holdak tanulmányozására. Ilyenkor könnyebb észrevenni a halvány objektumokat, mint máskor, de jobban megfigyelhetők a holdak fedései, illetve egyéb okkultációs jelenségek is. A legutóbbi ilyen alkalomkor, a múlt század hatvanas éveinek közepén azonban az Uránusz gyűrűit még nem is ismerték, azokat csak 1977-ben fedezték fel. A mostani, 2007/2008-as „szexon” az első tehát, amikor a gyűrűket már célzottan lehetett megfigyelni.



A NAOS/CON CA felvétele az Uránusz gyűrűrendszeréről és holdjairól. A két lényes hold a Miranda (átmérő kb. 470 km) és az Ariel (átmérő kb. 1160 km), de a gyűrűk síkjá felett két sokkal halványabb holdacska is észrevehető, a Puck (150 km) és a Perha (100 km) (C. Ollmas, R. Sicardy és J.-E. Arct).

A kedvező megfigyelési körülményeket kihasználva az Európai Déli Obszervatórium (ESO) VLT távcsövek Yepun (UT4) teleszkópján üzemelő NAOS/CONICA műszeregyüttessel készítették kontrasztos felvételeket a 2,2 μm-es hullámhosszú K-sávban. Az alkalmazott expozíciós idő 1 perc volt, mivel ennél hosszabb megvilágítás esetén a holdgó körül keringő holdak már anyyira elmozdulnak, hogy „csíkot húznak”. Az adott hullámhosszon az Uránusz légkörében nagy mennyiségben lévő metánnak elnyelési sávjai vannak, így ezzel a mód-

szettel a bolygó fényes korongjának hatása majdnem egészében eltüntethető a képekről. Ennek eredményeként láthatóvá vált a bolygó halvány gyűrűrendszere, illetve néhány holdja melyek fényét az Uránusz jóval erősebb sugárzása egyébként elnyomná.

ESO 2008 05.04 – Kovács József

Föld körüli pályán az IMAX muzihán

Május elején kezdték vetíteni az Űrállomás 3D (Space Station 3D) című filmet a budapesti Arena Plázában. A film csak itt tekinthető meg, ugyanis speciális technológia szükséges hozzá: egy háromdimenziós filmekhez alkalmas mozi. A szinkronizált amerikai film a Nemzetközi Űrállomás építésének korai fázisába nyújt bepillantást 47 percen keresztül.

A néző valójában két filmet lát, amelyeket egymáshoz képest eltérő szögől rögzítettek. A rendszer kihasználja az emberi szem azon tulajdonságát, hogy kissé eltérő irányban lévő képekre fókuszálva képes azok látványát érzékelni. A két film azonban egyszerűen egymásra vetítve szemléletesnek mutatkoznak. Ebben segít a szemüveg, amely elengedhetetlen kellék a két filmet vetítő fénysugarak ugyanis egymáshoz képest merőlegesen polarizáltak. Ezeket két egymásra merőleges polarizált irányú szűrővel sikerül szétválasztani, és egyiket csak a jobb, a másikat pedig csak a bal szembe juttatni – az agyban pedig kialakul a térfathatású kép.

A vetítésvászon mellett hatalmas, így még egy hagyományos film is igen látványos rajta. A mozi műsorfüzete egyetlen csillagászati és űrkutatási vonatkozású filmet kínál a Nemzetközi Űrállomás építéséről szóló. A forgatáshoz természetesen egy speciális kamerát vittek fel Föld körüli pályára, és az ezredforduló után két és fél éven keresztül tartott a műsor elkészítése.

A film látványosan mutatja be a Föld körüli keringés során az asztronauták elé látuló látványt, valamint az Űrállomás hétköznapi életét. A súlytalanságban lévő űrhajósok hétköznapi napjaiba is bepillanthatnak a nézők: miként

esznek, mosdanak, alszanak az ISS fedélzetén. Utóbbi az állomáson kívül rögzített felvételeken jól láthatóan még messze nem épült ki, mindössze néhány eleme keringett fent a film készítésének idején.



A lérfathatású műsor látványosan mutatja be milyen kép tárulhat az érdeklődő elé bolygónk körül keringve. Az IMAX mozi oktatási célra is ajánlja a műsort, ami érthető is, mivel egy fiatalot megragad a látvány, és elképzelhető, hogy befolyásolja majd a pályaválasztásában. A fordítokat dicséri az egzakt magyar változat – azonban a szakkifejezések sajnos nem mindig követik az itthon használtakat, amit egy szakmai lektorálás könnyen megoldott volna. Minden bizonnyal nem csak az egyszerű érdeklődőknek, de a pedagógusoknak is ajánljuk a műsort, amelyre diákjaikat jelentős kedvezménygel elvihetik. Az élmény felejtethetetlen – de a filmet egy rövid szakmai magyarázattal a tanórán feltétlenül szükséges kiegészíteni, legalább ejtsünk néhány szót arról, hogy például mi is az a súlytalanság.

Kru