

Szegedi Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Kísérleti Fizikai Tanszék

# Csillagászat a sci-fi filmekben,

avagy hogyan hasznosíthatjuk a tudományos-fantasztikus  
filmeket fizika óráinkon

Írta: *Nagy Brigitta*  
fizika kiegészítő szakos levelező hallgató

Témavezető: *Dr. Szatmáry Károly*  
tudományos főmunkatárs

Szeged  
2001

---

## Tartalomjegyzék

- 1. Bevezetés**
- 2. Válságban a fizikaoktatás?**
- 3. Kiútkeresés**
- 4. A sci-fi filmek története**
- 5. Modern mesék**
  - 5.1. Lézerfegyverek
    - 5.1.1. *A lézer*
    - 5.1.2. *Lézerek alkalmazása*
    - 5.1.3. *Lézerfegyverek napjainkban*
  - 5.2. Holográfia
    - 5.2.1. *Hologramok készítése*
    - 5.2.2. *Hologramok alkalmazása*
  - 5.3. A fénysebesség
- 6. A fekete lyukak**
- 7. Időutazás**
  - 7.1. Kalandok az időben
  - 7.2. Lehetséges-e az időutazás?
- 8. Földünk égi" veszélyforrásai**

- 8.1. A torinói skála
- 8.2. Egy becsapódás következményei
- 8.3. Honnan származnak a kisbolygók és üstökösök?
  - 8.3.1. *Nemesis-elmélet*
- 8.4. Hogyan védhetnénk meg a Földet?

## 9. Idegenek

- 9.1. Kutatás ismeretlen világok után ( Bolygóvadászat")
- 9.2. Földön kívüli civilizációk létezésének bizonyítási lehetőségei
  - 9.2.1. *SETI*
- 9.3. A Találkozás
- 9.4. Az idegenek
- 9.5. Összegzés

## 10. Összegzés

## 11. Felhasznált irodalom

# Bevezetés

Az elmúlt száz évben rengeteg sci-fi alkotásban helyezték a cselekményt a futurisztikus XXI. századba, a technikai csodák határtalan világába. Most pedig itt vagyunk a várva várt "jövőben", ami az elképzelésekhez képest egy kicsit másabb

Nem létezik még HAL 9000 (2001. *Űrodisszeia*), a mesterséges intelligenciával rendelkező számítógép, amely egy egész űrhajót képes irányítani. Nincs a Föld körül keringő, embereknek otthont adó űrállomásunk, nem indítunk embereket a Marsra, vagy más bolygókra a Naprendszerünkben, nincs bázisunk a Holdon. Számítógépeink még nem gondolkoznak önállóan. Nem lövöldözünk lézerfegyvereinkkel (ami talán nem is baj), nem vettük fel a kapcsolatot "idegenlényekkel", nincsenek "gondolkodó" robotjaink

Viszont tudunk állatokat (és talán már az embert is) klónozni, elkészült az ember genetikai térképe és talán korábbi élet nyomait fedezték fel a Marson. Épül az első nemzetközi űrállomás. Itt az Internet, mobil eszközeink hamarosan eléri azt az átviteli sebességet, hogy mindennaposá válhat a képtelefon. Működik az emberek azonosítása hangjuk, retinájuk, ujjlenyomatuk alapján, és szinte bárki rendelkezhet manapság mobiltelefonnal. Vannak emberek, akik a fejükbe kötött kamera segítségével látnak. És kísérleti stádiumban van számos olyan csoda, amelyekről a sci-fi művekben már évtizedekkel ezelőtt olvashattunk.

Felvetődik a kérdés, hogy mennyiben tekintjük tudományosnak a sci-fit? A félreértések elkerülése végett le kell szögezni, hogy a sci-fi (akár irodalomról, akár filmről legyen szó) nem tudományos munka, még csak nem is tudományos ismeretterjesztés, hanem művészi kifejező eszköz.

A sci-fi az emberiség legalapvetőbb kérdéseire keresi a választ. Honnan jöttünk, és hová tartunk? Kik vagyunk, mi a célunk? Képesek vagyunk-e mesterséges életet, mesterséges intelligenciát teremteni? Vannak-e más értelmes lények rajtunk kívül az univerzumban?

A tudományos-fantasztikus irodalom másik fontos feladata az, hogy tükröt tartson elénk. Ez a műfaj ugyanis valójában nem csak a jövőről, hanem a jelenről is szól. Számos olyan problémát lehet találni mai életünkben is, amelyet a sci-fi évtizedekkel előre megjósolt - sokan mégis csak most kezdnek foglalkozni ezekkel a kérdésekkel.

A sci-fi időben figyelmeztetett bennünket a túlnépesedésre, a globális felmelegedésre, és azon társadalmi rendszerek veszélyeire is, amelyek a technikát az ember fölé helyezik. A környező világunkban apránként, észrevétlenül valósulnak meg a sci-fi által megjósolt átkok és áldások.

A szakdolgozatomban egy újnak tekinthető motivációs lehetőséget mutatok be. Úgy gondolom, érdemes kihasználni a középiskolás diákok divatos sci-fi filmek iránti érdeklődését arra, hogy az azokban megjelenő eszközöket, jelenségeket természetesen összevetve a mai tudományos szemlélettel elemezzük, csillagászati, fizikai ismereteiket kibővítsük, természettudományos érdeklődésüket felkeltsük. A dolgozatomban megismerkedhetnek a tudományos-fantasztikus filmek bemutatásán és elemzésén keresztül órákon kevésbé tárgyalt fizikai problémákkal, mint az időutazás, relativitáselmélet, holográfia, fekete lyukak

De mielőtt ezekkel foglalkoznánk, vizsgáljuk meg, a mai magyar fizikaoktatás helyzetét, valamint azt, hogy miként tehetnénk a fizika tantárgyat közkedveltebbé.

## **Válságban a fizikaoktatás?**

Napjaink kedvezőtlen jelensége amelyet tapasztalataim alapján is bátran kijelenthetek a természettudományos tantárgyaktól való elfordulás, egyre kevesebb tanuló sorolja ezeket a kedvelt tárgyak sorába.

Erről is olvashatunk a *Fizikai Szemle* számos cikkében, és az Internet <http://jedlik.phy.bme.hu/physducation/> című dokumentuma is foglalkozik a problémával.

Bizony, tudomásul kell vennie valamennyi fizika tanárnak, hogy tantárgya a diákság körében nem tartozik a legnépszerűbbek közé.

A tanítás-tanulás folyamatában fontos tényező a diák és az oktatott tantárgy viszonya, a tanuló affinitása, érdeklődése, "szeretete". Az egyéni motivációs bázis megléte hihetetlenül megkönnyítheti az ismeretek átadását.

A felgyorsult, "túlgépesített" élet igényli, hogy alapvető természettudományos problémákkal tisztában legyünk, egyszerű magyarázatot tudjunk adni természeti jelenségekre, egyszerűbb gépek működési elvére.

De mit tehet a tanár, hogy növendékeit elkalauzolja a fizika rejtelmes, titokzatos világába?!

Már a kisgyermek első rácsodálkozó kérdései is környező világára vonatkoznak; "Miértjei" az őt körülvevő tárgyak, természeti jelenségek létezésének okát, esetleg hasznosságát kutatják. Minden ember legalapvetőbb igénye még ekkor, s később értelmes életének feltétele kellene hogy legyen, megismerni a Földet, ahol él, rejtett csodáival, emberi találmányaival együtt. Miért van mégis, hogy elveszti ezt a kezdeti érdeklődést, s lassanként passzív lesz, eltűnik felfedező kedve?

Szinte közhelyszerű már erre a könyvszagú, száraz ismeretek oktatásában keresni a magyarázatot. Természetes, hogy ez látszik a legkézenfekvőbbnek, hiszen már a régi korok tudósai számára is evidenciának tűnt az, hogy bármely természettudományi terület eleve elveszti létjogosultságát, ha nem empirikus ismeretszerzésre támaszkodik. Az írott betű elsődleges feladata inkább a definíciók összegyűjtése és rendszerezése kell hogy legyen, de semmiképpen sem jelentheti az elsődleges és egyetlen útját a jelenségek megismerésének. (Így hát az ismereteket biztos megőrzésre a könyveknek és a könyvtáraknak hagyom, és inkább horgászni megyek, néha halra, néha új ismeretekre" írja Szent-Györgyi Albert.)

Gyakran érzi is a pedagógus a magára hagyatottságot, hiszen a tankönyv sem jelent mindig megfelelő támaszt. Sőt! A túlzott elméletiség, a napi, gyakorlati élettől való elrugaszkodás a használókat inkább elriasztja a tantárgytól, semmint megszerettetné velük.

A fizikaoktatás során a közvetlen valóság tárgyaival és folyamataival való találkozást kell keresnünk.

Bizony kemény csatát kell vívni a fiatalok sokszor tapasztalható érdektelenségével. Az érdemjegy, mint stimuláló eszköz, az esetek döntő részében nem alkalmas, diákjainkat nem ösztökéli jobb teljesítményre, és főként nem fokozza az érdeklődést. Mint motiváció nem játszik jelentős szerepet. Az egészséges versenyszellem sem készíti nagyobb erőbedobásra a tanulókat.

Tehát a diákok fizikától való elfordulásának oka kereshető: a hatalmas elméleti anyagban, amely esetleg unalmassá teheti az órát; a sok elvont magyarázatban; nehéz feladatmegoldásokban vagy éppen a kevés számú kísérletekben.

A megértés a fizikatanítás fő célja. Tehát fontos: a tanár sokfajta módszerrel tanítson, hogy a fizikaoktatás élményorientált legyen. Olyannak kell lennie, hogy segítsen eligazodni a világban.

A tudomány is a tapasztalatokból vonja le a törvényszerűségeket, ehhez olyan tényeket, jelenségeket kell bemutatni, amelyekkel az emberek a mindennapi életük során szembesülnek.

Meg kell tapasztalniuk a fizika megállapításait!

A mindennapi életből vett példák segítségével megcáfolhatjuk a hasznavetelenséget és a gyerekek számára nélkülözhetetlen tantárggyá tehetjük, amely benne van az érdeklődési körükben.

A természet jelenségeit figyelő diákokban azon kívül, hogy sok érdekes dolgot vesz észre felmerülhet a jogos igény a jelenség magyarázatára. Hogy ezt az igényt felélesszük a kísérleteken kívül aktuális problémák felvetésével, érdekességekkel motiválnunk kell őket.

Végezetül nem a természettudományok által felhalmozott ismeretek megtanítását kell célnak tekinteni, hanem a diákokat körülvevő természeti világ megértését. Az olyan jellegű ismeretek közvetítését tartom célravezetőnek, amelyekről empirikus tapasztalatok szerezhetőek.

Ehhez azonban a fizikatanítás módszerének gyökeres megváltoztatására, reformjára lenne szükség. Azonban ez a feladat már túllép a gyakorló pedagógus hatáskörén, s fentről kíván szabályozást. A tananyag túl nagy terjedelme megköti a kísérletező kedvű tanár kezét, mert képtelen időt szakítani a szemléltetésre úgy, hogy közben a tanmenettel is lépést tudjon tartani. A motiváció kialakítása nélkül pedig nem várhatjuk a tudás érdemleges megszerzését.

Célunk tehát, hogy a diákok számára közel hozzuk a valóságot, s tudatosítsuk bennük, hogy ők is "elemek" ennek a hatalmas és érdekes világnak. Ha a fizika és társtudományai segítségével megismerik azt a planétát, ami lehetővé teszi számukra a létezést, megértik a különböző jelenségek működését, "miértjét", talán rádöbbenek arra, hogy akár ők is tevékeny részesei lehetnek a környezetük alakításának.

## **Kiutkeresés**

A fizika tanár számára legfontosabb tanulók azok, akik később jogászok, üzletemberek, orvosok, politikusok, szakmunkások stb. lesznek. Nekünk az a feladatunk, hogy velük értessük meg, szeretessük meg a fizikát, ezáltal egyetlen lehetőségünk, hogy ezen keresztül megoldjuk a világ-népesség túlnövekedési, a levegő-, víz-, környezetszennyezési stb. problémákat. Mint már előző fejezetemben írtam eléggé összetett problémát kell orvosolnunk.

A mai fiatalok ritkán kapnak kezükbe könyvet, hogy kulturális szomjukat enyhítsék, lehetne ez akár egy izgalmas krimi, tudományos-fantasztikus, ismeretterjesztő könyv is. A túlmodernizált mindennapi életünk mondhatnánk szükségtelemmé is teszi ezt. A multimédiás eszközeink hatalmas fejlődése lassan feleslegessé teszi akár a kötelező olvasmányok megismerését is, már annyi lehetőségük van arra, hogy megtudjanak mindent egy adott irodalmi műről (videó, Internet, DVD stb.).

Hogyan várhatnánk el, hogy "fizikás" műveket olvassanak, vagy egyáltalán ajánljunk, hogy érdeklődésüket felkeltsük egy adott témában?

Szakdolgozatomat arra építve készítettem el, hogy nagy motiváló hatása lehetne divatos mozifilmek különös tekintettel a sci-fi filmek felhasználásának az oktatásban, valóság-hű részleteinek, vagy éppen a fantasztikus jeleneteinek az elemzésével. E lehetőségről és esetleges felhasználásról szólnak a következő fejezetek.

Akadnak még olyan tanulók, akik a fekete lyukak felől vagy az anyag legkisebb építőköveiről érdeklődnek; tudni szeretnék, miért a múlt és miért nem a jövőre emlékszünk; azt kérdik, hogyan tűnhet oly rendezettnek most a világ, ha kezdetben volt a káosz; és egyáltalán, miért van világegyetem.

Társadalmunkban ma is az a szokás, hogy a szülők és a pedagógusok vállukat vonogatva leintik a kotnyeles gyerekeiket, esetleg homályosan felidézett vallási tanokra utalnak. Többen kényelmetlenül feszengenek az ilyen kérdések hallatán, mivel ezek fényében oly élesen tűnnek elő az emberi tudás korlátai.

Abban a próbálok segítséget nyújtani a kollégáknak, hogy egy olyan területre kalauzolom el őket, amelyet még esetleg nem próbáltak hasznosítani pályájuk során. Vagy akár laikusoknak, akik ezáltal megérthetik, miért elképzelhetetlen lézerkarddal párbajt vívni, fénysebességgel száguldozni

Azért választottam a fantasztikus filmek tárházát elképzeléseim megvalósításához, mert talán ez az a műfaj, amely tömegeket csalva a mozikba elkápráztatja, leköti, és talán elgondolkoztatja a mai fiatalságot.

Mind a fantasztikus irodalom és a filmvilág is hatalmas művekkel büszkélkedhet, a filmek rövid történetét olvashatják a következő fejezetben.

A dolgozatomban szem előtt tartom azt a fontos elemzési szempontot, hogy mi is az, ami tudományosan alátámasztott, mi az, ami fantasztikum tehát látványosan ellentmond a valóságnak ezekben a filmekben.

Későbbiekben olvashatnak a legtöbb fantasztikus film építőköveiről", leggyakrabban feldolgozott, felhasznált eszközeiről tudományos magyarázattal, mint például: fénysebesség túllépés, fekete lyukak, időutazás, lézerfegyverek, idegenkutatás, földi életünk veszélyforrásai

## A sci-fi filmek története

A sci-fi műfaja tömegeket csal a moziba. Ebben a fejezetben áttekintjük a fantasztikus filmek történetét [*A film krónikája*, 1996]

Egy szeptemberi napon indult hódító útjára az a filmes műfaj, amely mind a mai napig képes megújulni a mozit kedvelő közönség örömére...

1902. szeptember 1. Georges Méliés rendező egy különös utazásra hívja közönségét, megszületik a tudományos-fantasztikus, közkedveltebb nevén a sci-fi film.

Tudósok érkeznek a Föld hűsége kísérőjére, ez az *Utazás a Holdba*", egy 16 perces rövidfilm, mely egy csapásra híressé vált a kor moziközönsége előtt, hatására pedig szaporodni kezdtek az űrbe és egyéb kitalált helyszínekre utazó embereket bemutató filmek. Méliés rafinált trükköket alkalmazott. Ezek között volt az illuzionista bűvészek minden színpadi trükkje: süllyesztők, hátterek és láthatatlan zsinórok, melyeken szereplők lógtak.

Georges Méliés A Robert Houdin trükkszínház vezetője, a Lumière fivérek első vetítése után vásárolt egy kinematográfot, és saját filmjeit mutatta be színházában, ezek a filmek csakhamar igen népszerűek lettek szerte a világon. Cége a Star Film mégsem tudott fennmaradni a nagy konkurencianyomás miatt, ezért Méliés elszegényedett. 1200 filmjéből mindössze kb.100 maradt ránk.

A következő említésre méltó alkotás mégis 25 évet várat magára, amikor is Fritz Lang elkészíti a *Metropolis*" című utópiáját a jövő városáról. *A valami*" - ez a címe annak a filmnek, amely először tesz meg egy űrből származó szörnyet főszereplővé. A szörny furcsa, gyilkos képessége az eljövendő sci-fi filmek világűrből érkező invázióit és ufonautáit vetíti elő. Nem is kell sokat várni, hogy moziba kerüljön a *Világok harca*" és a



*"Földön kívüli jövevények"* című filmek, melyek az USA lakosságának egy kommunista offenzívától való félelmére játszanak rá. Byron Haskinnak sikerült kora egyik leglátványosabb és legmeghökkenőbb filmjét elkészíteni. A japánok sem ténlenkedtek, az ő népüket egy sugárzó, mutáns szörnyeteg támadja meg, ez a lény pedig nem más, mint az azóta világhírűvé vált *"Godzilla"*, amely napjainkig 22 további feldolgozást ért meg.

Európa sem akarta kivonni magát a népszerű műfaj gyártása alól, 1965-ben Jean-Luc Godard kultusz rendező elkészítette negatív utópiáját, amely a sci-fi és a fekete humor keveréke, a mű az éjszakai Párizst mutatja be utópiaként, sajnálatos, hogy víziója mára valósággá vált. Az *"Alphaville"* nem hozott nagy sikert, nem úgy, mint az egy évvel későbbi *"451 Fahrenheit"*, Francois Truffaut alkotása. A kritikus hangulatú film egy olyan államot mutat be, amelyben betiltják a könyveket, mint a veszélyes gondolatok forrásait. Nyomasztó, futurisztikus díszletek, Ray Bradbury regénye, s a siker máris megalapozott volt.

1968. Két kultikus alkotás éve. Pierre Boulle regénye alapján készül a *"Majmok bolygója"*, amely hatalmas sikert arat. A majmok által megszállt atomháború utáni Föld megdöbbentő víziója.

A másik alkotás filmtörténelmet írt és tesz Stanley Kubrick *"odüsszeiája"* egyértelműen a jövő mozija.

*"2001: Űrodüsszeia"*, 3 év munkája nyomán egy olyan fantasztikus, vizuális trükkökkel teli látvány tárult a mozinéző elé, amely új távlatokat nyitott a megrekedt fantasztikus film műfaja előtt.

A szovjet gyártású 1972-es *"Solaris"* és Woody Allen *"A hétralvó"* című remeke után már csak pár évet kellett várni a sci-fi diadalmenetére.

Két név: Steven Spielberg és George Lucas, két alkotás: *"a Harmadik típusú találkozások"* és *"a Csillagok háborúja"*. (Később az utóbbi film folytatásaként a *"Birodalom visszavág"* és a *"Jedi visszatér"* család tömegeket a moziban) Az előző a békés idegeneket hozza el a Földre, míg az utóbbi egyenesen a galaktikus harcok közepébe repít bennünket. Mindkettő átütő sikert aratott. A *"találkozások"* látványos fény és hangeffektusai azonnal lenyűgözték a nézőket, a nyugodt hangulat és békés idegenek egy addig szokatlan megközelítése volt a műfajnak. A *"csillagok"* klasszikus hollywoodi trükkmese, minden idők egyik legnagyobb pénzügyi sikere lett, további két része is elkészült. Richard Donner látványos trükkorgiája egy különleges képességű embert hoz el a Földre, ő *"Superman"*, aki ha kell még a bolygót is képes megállítani, hogy megmentsen egy bajbajutott embert.

Egy év sem telik el, s Ridley Scott olyan félelmetes szörnyeket zúdít ránk az űrben, amelyekhez fogható nem volt a filmtörténetben. A lények gyilkosak, az emberek testében fejlődnek ki, vérük savból áll és félelmetesek, ez a *Nyolcadik utas a halál*". A 80-as évek sci-fi alkotásaira az elődök jól kitaposott ösvényén való haladás a jellemző. John Carpenter *Menekülés New Yorkból*"-ja vagy Ridley Scott második fantazmagóriája, a *Szárnyas fejvadász*" a jól kiaknázott, vérbeli sci-fi műfajt erősítik. Az utóbbi 2019-ben játszódik és egy különleges nyomozó (Harrison Ford játszotta) történetéről mesél. *Vissza a jövőbe*" hirdeti Robert Zemeckis filmje a korszak tendenciáját: gyerünk, fedezzük fel a jövőt. A film egyébként nagy siker, sőt trilógia lesz belőle. Nem más, mint kalandos tévelygés az idősíkokban múlt-jelen-jövő között...

1989-ben egy képregényfigura hódít a vásznon, ő *Batman*, különleges képességeivel megóvja városát a bűnözőktől, s uralkodik a levegőn.

Valószínűleg rosszul érezné magát James Camerron nyomasztó és klausztrofóbiás tengeralatti thrillerében, *A mélység titká*"-ban, ahol újra előkerülnek az űrlények, akik a tenger alatt vertek tanyát. Csodálatos, látványos és szép sci-fi. A 90-es évek az *Emlékmás*"-sal indít, valamint oxigént fakaszt a Marson, a sci-fi műfaj mesteri keveredése az akcióval és a drámával. Megszaporodnak a fantasztikus filmek, egyre látványosabbak és monumentálisabbak lesznek. A *Jurassic Park*" után a vizuális effekteké és számítógépes trükköké lesz a főszerep. A *Függetlenség napja*"-ban a Földet próbálják elsöpörni az űrlények, a *Támad a Mars*" című Tim Burton komédiájában pedig jól nevetgetünk rajtuk és magunkon is.

Hihetetlen galaktikus utazásokra csábít a *Csillagkapu*" című mű és próbálja megmagyarázni ókori emlékeink eredetét.

Hogy mi vár még erre a műfajra, azt talán egy meghökkentő alkotás a sok vitát kiváltott *Halálhajó*" tudná érzékeltetni.

A XX. század utolsó éveit is bővelkedtek átütő sikerű sci-fi filmekben. Láthattuk a *Star Wars* filmek újabb részét: *Baljós árnyak*" címmel, izgulhattunk az *Armageddon*"-on, a *Deep Impact*"-en és hőseikkel karöltve menthettük meg a Földet. A *Gömb*"-ben időutazott űrhajón élhetünk át hihetetlen történeteket, és egy újabb műben vehetjük fel a *Kapcsolatot*" az idegenekkel.

Sorolhatnám még hosszasan az elmúlt évek nagy sikerű filmjeit, amelyek látványának, hihetőségének biztosításában korunk minden technikai csodája a rendelkezésünkre áll, de a lényeg: a fantasztikus filmek diadalútja még sokáig nem fog véget érni.

## Modern mesék

A *Csillagok Háborúja* egyszerű mozifilmként indult - majd villámgyorsan jelenséggé, valóságos kultusszá dagadt, a hetvenes évek végének egyik meghatározó kulturális eseményévé. Valószínűleg elsöprő népszerűségét az időtlen mesei elemeknek köszönheti, hiszen a jó és rossz harca örök.

Tény, hogy a tudományos-fantasztikus műfajból inkább csak a fantasztikus szó illik a történetre, hiszen nem derül ki, miért nincs súlytalanság az űrhajókon, a légüres térben miért hallatszik a hajók és a robbanások hangja, és miért végeznek az űrhajók olyan manővereket, mintha légkörben manőverező repülők lennének, és a gigászi hangárokon látszólag miért nincs semmiféle zsilip, vagy bármi, ami elválasztaná a bent tartózkodó embereket a puszta űrtől. Ezeket a problémákat felvethetjük és fel is használhatjuk a fizika óráinkon!

Legérdekesebb talán az a közkezdvelt kérdéskör, amelyben számos mozirajongó a lézerkard, lézerfegyverek létezéséről és Han Solo sokat megélt öreg teherhajójáról, a Millennium Falconról, a fénysebesség felett "száguldozó" csodáról elmélkedik.



1. ábra: Párbaj lézerkarddal

Ezeokról olvashatunk néhány gondolatot a következő oldalakon, természetesen a mai tudományos szemléletet figyelembe véve.

### Lézerfegyverek

Az ismét beinduló "Star Wars-örületben" központi szerepet játszik a Jedi lovagok fegyverének, a lézerszablyának a mítosza. Az Epizode I. legizgalmasabb jeleneteit köszönhetjük ennek az ellentmondásos harceszköznek.

Szkeptikusok, reménykedők, hozzáértők és kevésbé hozzáértők vitatkoztak a lézerkard létezésének lehetőségéről, ám egyvalamit előre le kell szögeznünk: a fizika mai állása szerint ilyen alkalmatosságot nem lehet készíteni.

Persze, mondhatnánk, hogy százegynéhány évvel ezelőtt még a repüléssel kapcsolatban is az volt a tudományos álláspont, hogy lehetetlen. De hiába tartunk már ott, hogy tudósok és mérnökök - amennyiben megfelelő mennyiségű idő és pénz áll a rendelkezésükre -

egyszerûen megcsinálják azt, amit mondanak nekik, a természet szabályait ôk sem hághatják át.

A fizika törvényei szerint a fotonok, a fény (és mint ilyen, a lézerfény) részecskéi a forrástól egyenes vonalban, egy irányban haladnak egészen addig, míg bele nem ütköznek valamibe. Már csak ez is elegendô lehet annak belátására, hogy képtelenség 120 centis lézertudat létrehozni.

Az önjelölt "mozi-fizikusok" egyik elmélete szerint viszont a fénykard nem egy, hanem több lézernyalábból áll, és ezek vannak fókuszálva egy megfelelően távoli pontba. Amint elérik egymást ebben a pontban, valamilyen megfoghatatlan kvantumfizikai jelenség hatására visszafordulnak kiindulópontjuk felé, és így még egyfajta pumpáló energiaforrásként is működnének. Ami viszont azért lehetetlen, mert így kis energiaveszteségû "örökmozgót" hozhatnánk létre.

Ellenfelünk testszövetének feldarabolásához legalább kilowattos erejû lézerre lenne szükség, aminek táplálásához viszont elég nagy energia szükséges... A lézernyalábbal van még egy gond: nevezetesen az, hogy nem tömör, és így Jedi-fegyverünk nem fogná fel a sötét oldal erôinek csapásait, azaz a kardozás lehetetlen volna. Végezetül még egy megjegyzés: a valóságban vajon mi védené meg a Jedi kezét egy ilyen nagy energiájú kard melegtôl?



2. ábra: A lézerkard

Az eddig leírtakkal motiválhatunk óráinkon, valószínűleg így nagyobb érdeklődéssel hallgatják diákjaink a lézerrel és annak alkalmazásaival kapcsolatos tudnivalókat.

### **A lézer**

Az elmúlt évtizedek során a lézer eljutott a kutatástól a leghétköznapiabb alkalmazásokig. Csak néhány példa a lehetőségek széles köréből: ipari alkalmazások (pl.: lézeres anyagmegmunkálás); holográfiai alkalmazások; orvosi felhasználása (pl.: szemműtétek, vesekő eltávolítás"); optikai információátvitel (telefonvonal, melyen több ezer beszélgetés mehet egy időben); szerkezetek deformációjának és rezgéseinek a vizsgálata; lézer-radar; nagysebességű nyomtatók; a lézer művészeti grafikai és színpadtechnikai alkalmazása és nem utolsósorban, mint fegyver.



3. ábra: Vesekövet hasít a lézer

Önkéntelenül felvetődik a kérdés: melyek a lézerfény egyedülálló tulajdonságai, melyek ilyen széleskörű felhasználást tesznek lehetővé. A következő néhány sorban megkísérlem, hogy rövid és érthető magyarázatot adjak erre a kérdésre.

A kérdésre a válasz két szó: monokromatikusság és koherencia. A lézer különleges fényforrás: egyirányú (keskeny sugárnyalámban koncentrált), nagy intenzitású, egyszínű (monokromatikus) és azonos fázisú (koherens) hullámokat bocsát ki. A lézerek energiája kis térrészben koncentrálódik, impulzus üzemmód esetén nagyon rövid időtartamban, vagyis a lézerfény teljesítménysűrűsége a megszokott fényforrásokénak sokszorososa lehet.

A mindennapi fényforrások nem koherens fényt sugároznak, ezzel szemben a lézer fénye koherens. A kettő közti különbséget jól szemlélteti a következő példa: a fényrészecskék nem koherens áramlása egy zsúfolt nagyvárosi utcán, egy irányba menő emberek összevissza menetéhez hasonlít, míg a koherens áramlás egy katonai díszszemle felvonuló katonáinak a menetéhez.

A lézerfény ezen tulajdonsága teszi lehetővé, keskeny és nagyon kis széttartású sugarak előállítását, valamint olyan optikai jelenségek tiszta, esetleg látványos vizsgálatát, mint pl. az interferencia (a lézer, mint kísérleti eszköz a fizika tanítás hatékony eszköze).

[<http://www.mozaik.info.hu/mozaweb/feny/p1425.htm>]

A lézerben a koherens, azonos fáziskülönbségű hullámok indukált kibocsátással keletkeznek.

Az atomi rendszerekben fény hatására az elektronok rezegni kezdenek (kényszerrezgés). Ezek a rezgő rendszerek sugároznak: az elektron mozgásával változik az elektromos mező, ez a változás mágneses mezőt hoz létre, és így tovább. Az átlátszó anyagokban így terjed a fény. Az atomi rendszer, ha rezgése közben az elektron valamelyik, az alapállapotánál magasabb energiájú állapotba kerülhet, akkor elnyeli a sugárzást. A gerjesztett állapotú atom hasonló

"kényszerrezgés-mechanizmussal" fény hatására energiát is veszíthet. Ha a gerjesztett atom ugyanolyan frekvenciájú, fázisú és polarizációs állapotú fotont sugároz ki, mint az atommal kölcsönhatásba lépő foton, akkor indukált emisszióról beszélünk. Ebben az esetben egy fotonból két foton lesz. A lézerműködésnek pedig éppen ez a legfontosabb feltétele: a kölcsönhatásban a fotonok száma növekedjen, fényerősítés lépjen fel.

A "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (fényerősítés indukált emisszióval) kifejezés kezdőbetűiből alakult ki a laser szó (Az első lézert az amerikai *Maiman* fejlesztette ki 1960-ban.), amelyet magyarul már lézernek ejtünk és írunk. Ezen azonban nemcsak egy fényerősítőt értünk, hanem egy fényforrást is.

Folyamatos fényerősítés csak az anyagnak egy meglehetősen különös állapotában érhető el: ehhez az atomok nagy részének gerjesztett, még hozzá meghatározott gerjesztettségű állapotban kell lennie. (Ha valamely gerjesztett állapotban az atomok térfogat-egységenkénti száma nagyobb, mint egy másik, kisebb energiájú állapotban, amely nem feltétlenül az alapállapot, inverz populációról, magyarul fordított betöltésről beszélünk.) Az anyagnak ez az állapota nem egyensúlyi állapot, csak energia-befektetés hatására jöhet létre. Ha tartósítani akarjuk, akkor folyamatos energiabetáplálásra van szükség.

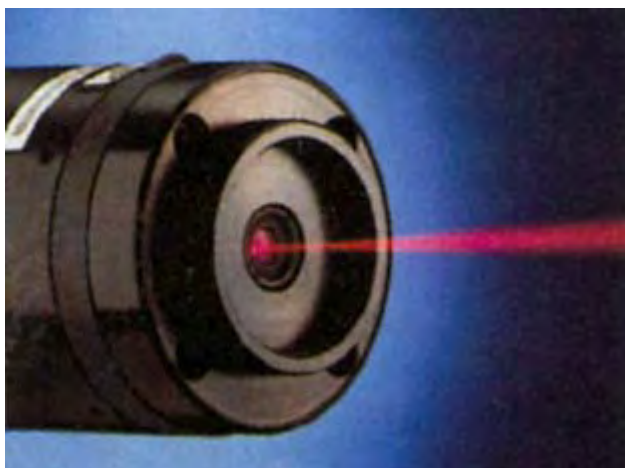
[[http://www.sulinet.hu/cgi-bin/db2www/lm/et\\_tart/](http://www.sulinet.hu/cgi-bin/db2www/lm/et_tart/)]

Ahhoz, hogy lézerjelenség jöhessen létre az indukált emisszió és a fényerősítés lehetőségének a megteremtésén kívül egy optikai rendszerre (lézerezonátorra) is szükség van. Ez a gerjesztett atomokat olyan sugárzásra kényszeríti, hogy a rendszerből rendezett (koherens), nagy intenzitású és keskeny fénynyaláb lép ki. A felerősödött fényt tükrökkel visszavezetik



a lézertanyagba (az inverz populáció állapotában levő anyagba), ahol az tovább erősödik. A rezonátor egyik tükre részben áteresztő, ezen lép ki a lézerfény. (A tükrök csak a merőlegesen beeső fényt verik vissza úgy, hogy az a lézertanyagon ismét áthaladva tovább erősödik.) A maradék végül kiszóródik, elhagyja a rendszert, nem erősödik fel.

Lézertanyagként bármilyen halmazállapotú anyag használható. A gázhalmazállapotot elektromos kisüléssel, a szilárd és a folyékony anyagot villanófényvel vagy lézerrel gerjesztik. Lézertátmenete nagyon sok anyagnak van, ezért a legkülönbözőbb színű és energiájú lézerfény létrehozható. A legismertebb a hélium-neon lézer, ebben az aktív anyag a neon (a hélium csak az inverz populáció megteremtéséhez szükséges). Több hullámhosszon is működhet, 1150, 3390 és 632,8 nanométeren. Az utóbbi piros színű, s demonstrációs kísérletekhez és különböző lézeres bemutatókon használják.



4. ábra: A He-Ne lézer

Az argonlézertnek szintén több lézertátmenete van a kék és a zöld tartományban, lézertbemutatókon és az orvosi gyakorlatban használatos. A harmadik közismert típus a szén-dioxid-lézer, amely az infravörös tartományban működik. [1993, Pintér]

### **Lézertek alkalmazása**

A lézerfény kiválóan alkalmas interferencián alapuló jelenségek létrehozására, interferenciás mérések végrehajtására, hologramok készítésére, ez utóbbiról a későbbiekben kicsit részletesebben is szó lesz. A lézer és az anyag kölcsönhatása révén mikroszkopikus felületi változások is létrehozhatók (például egy fémfelületen néhány atom elmozdítása). Ezek új



megmunkálási lehetőségeket biztosíthatnak a mikroelektronika különböző területein, például a mikrochipek készítésekor.

A lézerfényt a technikában sok helyen használják információk olvasására. Vonalkód leolvasók például minden nagyobb áruházban működnek.

A digitális információtárolás elterjedt eszköze a CD (compact disc) lemez. Egy ilyen lemezen csaknem 5 km-nyi lejátszósáv van, ami 640 Mbyte információt (kb. 80 perc zenét, több száz képet, több mint 300 ezer gépelt oldal szöveget) rögzít.

A lézerfény kis széttartása tette lehetővé, hogy az eddigi legpontosabb mérésekkel megmérjék a Hold-Föld távolságot. A Holdra fellőtt fénysugár eléggé koncentrált maradt ahhoz, hogy az Apolló űrhajósai által elhelyezett tükrökről visszaverődő fény még műszerekkel érzékelhető volt, így az oda-vissza út idejéből a távolságot meghatározhatták. Természetesen földi, pontosabb méréseknél is alkalmazzák.



5. ábra: Alagút építésénél az egyenes kijelölése

Lézeres hűtéssel érték el az eddigi legalacsonyabb hőmérsékletet, közelítették meg legjobban az abszolút zérus fokot (és nyerték el ezért az 1997-es fizikai Nobel-díjat). A lehűtött anyagot keresztezett lézernyalábokkal ütköztették oly módon, hogy az ütközés során a részecskék veszítsenek a mozgási energiájukból. Az elért hőmérséklet mindössze 200 milliárdod kelvin volt.

Az energia koncentrációja miatt lézerfényvel műtéteket végezhetnek, fémeket vághatnak. Lézerfegyverrel egy helikopter röptében kettévágható.

Persze ne felejtjük el megemlíteni diákjainknak, hogy tanórán az általunk használt mutatópálca is, vagy amellyel ôk az óráközi szünetekben játszanak is lézer, hangsúlyozva szemet (látást) károsító hatását!



6. ábra: A mutatópálca

## 1. Lézerfegyverek napjainkban

Az Egyesült Államok és Izrael közösen fejlesztett nagy hatásfokú lézerével első ízben tudott lelőni rakétát, ami hatalmas áttörést jelent a védelmi technológiákban." adta hírül több napilap is 2000 júniusában.

A nagy energiájú lézer, melyet a TRW Copr. fejleszt, Izrael biztonságát fogja szolgálni északi szomszédjával szemben, ha az rövid hatótávolságú rakétákkal támad.



7. ábra: A működő lézerágyú

A 70-es évek végén az Egyesült Államokban, egy kísérleti, levegőben lévő lézer segítségével sikerült lelőni egy célpontot.

(Először Ronald Reagan az Egyesült Államok egykori elnöke javasolta 1983. március 23-án, egy bizonyos csillagháborús terv megvalósítását, melynek keretében a világűrbe telepítettek volna szintén lézeres elven működő védelmi egységeket.)

A tesztelésekor egy Katyusa rakétát lőttek ki, mely egy nagyhatású robbanófejet hordozott. Másodpercekkel később a lézerrendszer, ami mérföldekkel arrébb helyezkedett el, radar segítségével bemérte majd ráállt a célpontra. Pillanatok múlva a megközelítőleg 4 méteres rakéta megsemmisült. A sugárnyaláb alapvetően a robbanófejre volt irányítva, így az a levegőben felrobbant. A nagy pontossággal fókuszált energia óriási távolságokra képes eljutni fénysebességgel, anélkül, hogy ereje csökkenne, így a mozgó célpontot fel lehet hevíteni.

[<http://www.origo.hu/tudomany/technika/000614star.html>]

Már készítik azt a "lézersöprűt", amelyet a tervek szerint egy 2003-as űrrepülőgép-misszióban próbálnak ki, s az lesz majd a feladata, hogy eltakarítsa a Nemzetközi Űrállomás (ISS) útjába kerülő űrszemetet. Az Orion-terv keretében épülő eszköz a teniszlabdányi és annál nagyobb méretű tárgyakat távolítja majd el az ISS pályájáról: becslések szerint ugyanis a következő tíz évben mintegy 10 százalék

az esélye annak, hogy az űrállomás burkolatán egy ekkora objektummal történő ütközés lyukat üssön. Az űrállomás külső védőburkolata csupán az 1 centiméternél kisebb méretű tárgyakkal való ütközés ellen nyújt megbízható védelmet. Meglepő módon a 10 centiméternél nagyobb méretű darabok sem jelentenek jelenleg komoly veszélyt: ezek ugyanis a földi irányító-központból idejében észlelhetők, s az űrállomás legénysége gondoskodhat eltávolításukról vagy kikerülésükről. A két méret közé eső törmelékek viszont valóban veszélyeztethetik az űrállomás biztonságát.

Ezért van szükség megfelelő védőrendszer kidolgozására. A lézersöprű valójában egy megawattos teljesítményű, földi telepítésű impulzslézer, amelynek sugarai az ISS útjába kerülő közepes (1-10 centiméter közötti) méretű tárgyaknak ütközve lelassítják azokat, s ezáltal alacsonyabb sugarú pályára terelik őket. A már említett űrrepülőgépes kísérletben a legénység nyomkövetővel felszerelt, űrtörmeléket utánzó darabokat juttat majd Föld körüli pályára, amelyet a földi impulzslézereknek kell onnan "leszedni".

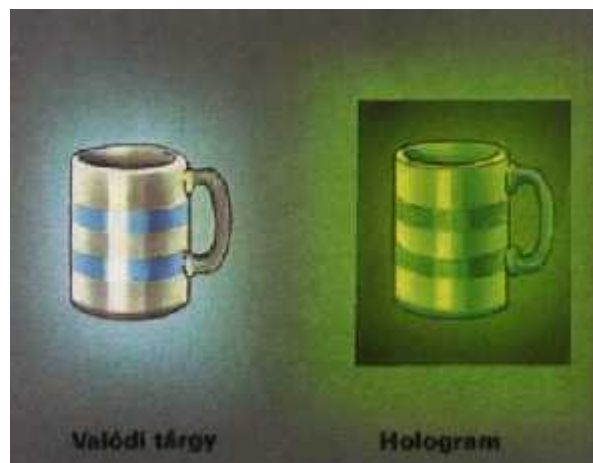
Mint láthatjuk, napjainkban intenzív munka folyik, hogy a lézert, mint harcászati eszközt alkalmazzák, bár az emberiség jelentős része éhezik, itt a globális felmelegedés, természeti katasztrófák tizedelik a földi értelmet – talán ezekkel kéne inkább foglalkozni!

## **Holográfia**

Rengeteg olyan sci-fi filmet láthatunk, amelyben a szereplő szeme előtt adott távolságra, levegőben összeálló holografikus kép jelenik meg (amelyet akár a egy csuklóra csatolható, órányi kivitelű szerkezet is szolgáltathat). Bár ennek megoldása még a jövőre vár, de azért ejtsünk néhány szót a holográfiáról.

A hologram "fénykép", amelyet lézerekkel készítenek és filmre vagy fotolemezre rögzítenek. A hologram egyedülálló sajátossága, hogy tömörnek látszó háromdimenziós képet ad, visszaállítja a tárgyat teljes eredetiségében, teljes távlati hatással. A kép a levegőben lebegni látszik, a lemez előtt, mögött vagy akár a lemez mindkét oldalán.

Ha a hologram előtt sétálunk, úgy tűnik, hogy a képet körbe is járhatjuk, mint egy igazi tárgyat. A látvány oly meggyőző, hogy azt hisszük, meg is foghatjuk a tárgyat vagy bele is nyúlhatunk. Sajnos egy ilyen kétdimenziós felületen igen nehéz bemutatni a hologram háromdimenziós természetét.



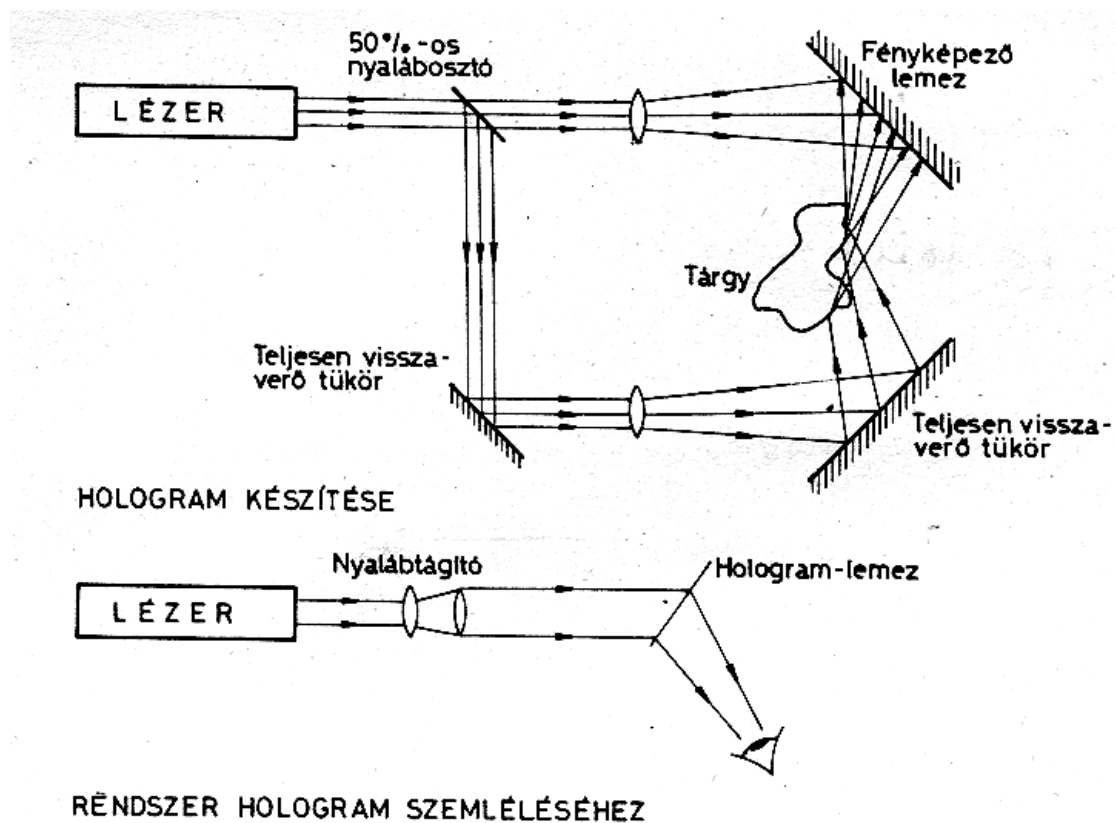
8. ábra: Hologram

Gábor Dénes, a holográfia magyar származású felfedezője, aki nyomán a "hologram" jelzős szerkezetben a görög eredetű "holo" előtagot a hologram által visszaállított tárgy, mint látvány lényegi sajátosságainak érzékeltetésére: az előállt kép teljes értékű mása a tárgynak. Ezen állítás tartalma elsősorban a tárgy térbeli kiterjedésének az érzékelhetőségére vonatkozik.

### Hologramok készítése

A holográfia fényképezési eljárás, amelyben lézersugarakat tükrökkel és lencsékkel irányítanak. A tárgy képét egy fényérzékeny lemezre rögzítik. A lemezre a lézer fénye közvetlenül és a tárgyról visszaverődve is eljut. A fény hatására a lemezben kémiai változások mennek végbe; ezek őrzik meg a képet.

A hologram térben, időben koherens fényforrás interferenciaképeként képződik. A koherens fényforrás fényét (lézer) két résznyalábra osztják.

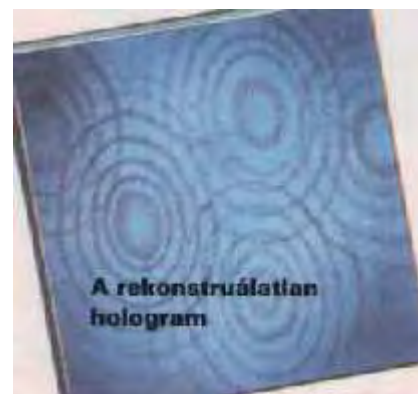


9. ábra: Hologram készítése

Az egyik a referencianyaláb, ezt egy fotolemezre irányítják, míg a másik a tárgnyaláb, mely a tárgyról visszaverődve a fotolemez felületén interferál a referencianyalábbal. A háromdimenziós tárgyról az intenzitás és a fáziskülönbségek két dimenzióban rögzítődnek.

Ha a hologramot ugyanolyan hullámhosszú koherens fényforrás világítja meg ugyanolyan szögben, mint a referenciasugár, akkor a tárgy háromdimenziós képe válik láthatóvá. Egy tárgyat csak akkor láthatunk, ha fény verődik vissza róla, és eljut a szemünkbe. A holografikus kép azért olyan valószerű, mert a hologram tökéletesen rögzíti a tárgyról visszavert fényhullámokat. Amikor a hologramot megvilágítjuk, pontosan úgy veri vissza a fényt, mint az eredeti tárgy. Ez a képviszállítás (rekonstrukció). A szemünkbe jutó fényhullámok olyanok, mintha a tárgyról érkeztek volna.

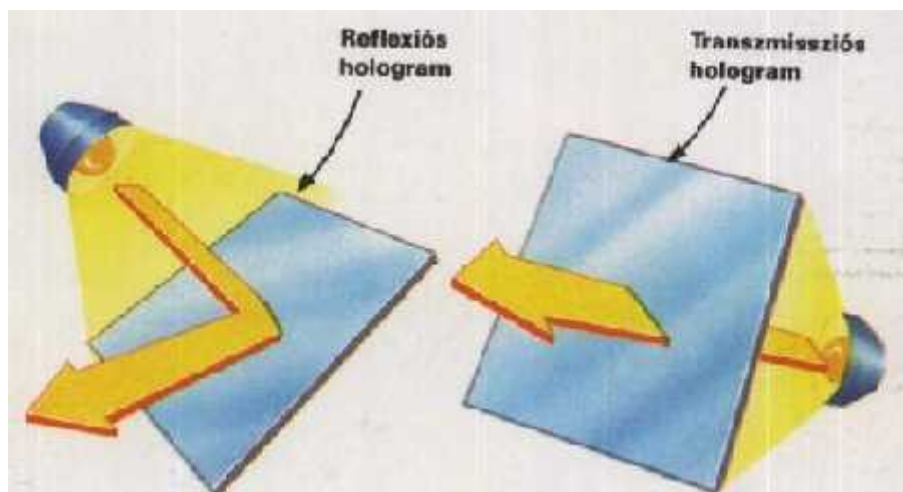
A hologram a lemezen zavaros maszatnak látszik. A kép visszaállításához (rekonstrukcióhoz) meg kell világítani. Van olyan hologram, amelyiknél ehhez lézer kell, de a legtöbbhöz elég egy adott irányból világító pontszerű fényforrás.



10. ábra: A "zavaros" maszat

Kétféle hologram van, ezek a kép visszaállítás módjában különböznek. Reflexiós hologram készítésekor a referenciasugár a tárgyval ellentétes oldalról éri a lemezt. A lemeztől visszaverődő fény állítja elő a képet.

Transzmissziós hologram készítésekor a referenciasugár a tárgyval azonos oldalról éri a lemezt. Ekkor hátulról megvilágítva láthatjuk a képet. A reflexiós (visszaverődéses) hologramnál a lemezt előlről kell megvilágítani. A transzmissziós (áteresztéses) hologramot hátulról kell megvilágítani. Mindkét esetben a lemeztől jövő fény hozza létre a látható képet. [Pintér, 1993]



11. ábra: A reflexiós és a transzmissziós hologram

## Hologramok alkalmazása

A hologram most van olyan helyzetben, mint a fényképezés volt 1900 körül. Nemsokára már talán mindennapos dolog lesz a holografikus gyorsfénykép készítése, a holografikus újság és a háromdimenziós lézer-tv. Sok országban a hologramok már most is láthatók múzeumokban, kiállításokon, vagy újságokba, könyvekbe ragasztva,

ill. megvásárolhatók faldísznek vagy ékszernek. Használatánakhatárt szab, hogy mindig akkora képet ad, mint az eredeti tárgy. A hologramot kicsinyíteni nem lehet.

[<http://www.omikk.hu/omikk/tudomany/gaborden/tudomany/holograf.htm>]

A hologramok mindennapi életünk velejáró tárgyai (hölgyeket díszítő kitűzők, okmányok hitelességét szavatoló védőpecsétek stb.) A préselt hologramok biztonságtechnikai alkalmazása azért ígéretes, mert előállításuk igen bonyolult, többlépcsős művelet, csúcstechnológia. A préselt hologramok másolásához, hamisításához végig kell vinni az egész technológiai folyamatot, ami nagy eszköz- és munkaigénye miatt általában nem kifizetődő.



12. ábra: "Védőpecsétek"

Ráadásul a magas szintű technika minőséget eredményező működtetéséhez legalább középfokon jól képzett szakemberre van szükség. Viszonzásul a préselt hologram látványos, többnyire ránézéssel is ellenőrizhető védőpecséteket nyújt. Nagyobb biztonsági igény esetén a hologramokon speciális kódolt adat is elhelyezhető, amelynek megléte külön berendezéssel ellenőrizhető.

Holografikus képernyők: az ún. "head-up" képernyő a szemlélendő ábrát az ülő megfigyelő elé vetíti. Ilyen megoldásokat alkalmaznak az Amerikai Egyesült Államok légerejének egyes gépeiben. Ugyancsak az államokban intenzív kutatások folynak számítógép-perifériaként működő holografikus képernyő készítésére. Egyik legfrissebb alkalmazásukra a Volkswagen Fejlesztő Laboratóriumban került sor: a legújabb típusú Passat gépkocsikban a szélvédőre ragasztott HOE mint képernyő az utca forgalmát, közlekedési jelzőtábláit vetíti a vezető szemének magasságába.



Ha felvételkor a tárgyat henger alakban vesszük körül egy holografikus filmmel, egy teljes 360°-os hologramot kapunk. A visszaállított kép a hengerben lebegni látszik. A hologramot körbejárva a fényképezőgép minden oldala látható.



13. ábra: A körbenézhető hologram



14. ábra: Mérhető távolságok

A hologram annyi információt tartalmaz mint maga a tárgy, de sokkal kisebb helyet foglal el, mivel csak egy lapos lemez. Nagyon sokféle tárgy képi rögzítésére alkalmas, a fogsoroktól a műtárgyaktól.

Holografikus mozi: holográfiában legegyszerűbben úgy mutathatunk be mozgást, hogy a lemezre egymás mellé egy sorozat hologramot veszünk fel. A kép előtt sétálva az mozogni látszik. Célszerű mozifilmet használni, mivel egy egyszerű mozdulat, pl. integetés visszaadásához is több száz kép kell.

### A fénysebesség

Minden valamire való sci-fiben fénysebesség felett repkednek az UFO-k és egyéb űrjárművek - nem is tehetik másképp, hiszen az űrben hatalmas távolságok vannak. Viszont a fénynél gyorsabban a fizika jelenlegi állása szerint nem lehet

A relativitás-elméletben Einstein a fénysebességről, mint abszolút határértékről beszél, s kijelenti, hogy semmiféle hatás nem terjedhet a fényénél nagyobb sebességgel, ami 300 000 kilométeres távolság megtételét jelenti másodpercenként, vákuumban.

Ezt az elvet az utóbbi időkben számtalanszor bizonyították, mi is a válasz a felmerülő kérdésre: Miért kell a sebességgel exponenciálisan növekvő



energiát befektetni testek gyorsításába, miért lehetetlen így elérni a fénysebességet? (A probléma hasonlít az abszolút nulla fok problémájához. Létezik egy alsó határ a természetben a hőmérséklet tekintetében. Egy test elvileg akármekkora hőmérsékletre felmelegedhet, de csak 273,15 Celsius fokig hűlhet le. Ez a 0 Kelvin, az abszolút nulla fok, ennél hidegebb semmi sem lehet.)

A relativitáselmélet alapvető feltevése szerint a tudomány törvényei minden szabadon mozgó megfigyelő számára azonosak, függetlenül sebességüktől. Einstein szerint minden megfigyelő ugyanazt a fénysebességet méri, függetlenül saját mozgásának sebességétől. Ez az egyszerű elv figyelemreméltó következtetésekre vezetett. Ezek közül minden bizonyos két tétel a legismertebb: egyikük az anyag és energia egyenértékűsége (ezt a tételt összegzi Einstein híres egyenlete:  $E=mc^2$ ); a másik tétel, amely szerint semmi sem haladhat a fény sebességénél gyorsabban [Fercsik, 1977].

A tömeg és az energia egyenértékűsége következtében a mozgó tárgy mozgási energiája hozzáadódik a tömegéhez, azaz megnehezíti a további gyorsítást. A tömegnövekedés csak a fénysebességhez közeli sebességekkel haladó tárgyak esetében válik számottevővé. A fénysebességhez közeledve a test tömege egyre gyorsabban nő, ezért a további gyorsítás mind több és több energiát emészt fel. Magát a fénysebességet egyetlen test sem érheti el, mivel ekkor a tömege végtelenné válik, ami a tömeg-energia egyenértékűség miatt azt jelenti, hogy csak végtelen sok energia befektetésével lehet a fénysebességig gyorsítani. A relativitáselmélet tehát minden hétköznapi tárgyat egyszer s mindenkorra fénysebességnél alacsonyabb sebességtartományokra korlátoz. Csak a fény, és a többi, saját tömeggel nem rendelkező hullám haladhat fénysebességgel.

A fénysebesség határérték szerepéből aztán adódtak további következtetések is, s ezek az időre magára vonatkoztak. Azt is megjósolta Einstein, hogy nagyobb tömegek közelében az idő lassabban telik, s ha egy test sebessége összemérhető a fény sebességével, akkor ezen a testen tartózkodók számára az idő lassabban telik. Az elméletnek e pontjaiból kiindulva kezdtek tudósaink hatalmas űrhajókat tervezni, például a "soha vissza nem térők űrhajóját". Aki ugyanis egy ilyen űrhajóra ül, az hatalmas távolságokra eljuthat térben a Föld bolygótól, ez azonban időbeli eltávolodást is jelent az elmélet szerint, s miközben maga az űrhajós csak tucatnyi évet öregszik, a Földön évezredek is eltelhetnek. A jelenség maga "időparadoxon" néven ismert.

A megoldás a következő: minden megfigyelőnek külön lokális sajátideje van, minden mozgó koordináta-rendszerhez tartozik egy önálló óra. Nincs abszolút idő, amely szerint meg lehetne állapítani globálisan, hogy éppen hány óra van az Univerzumban. Nagy sebességgel mozgó testeknek az

órája" sokkal lassabban jár, mint a lassan mozgó testeké, ennek következtében "lassabban" is öregednek. Azon testek számára, amelyeknek sebessége már majdnem eléri a fénysebességet, az idő már majdnem leáll.

A sebességet ugyanis úgy tudjuk kiszámolni, ha a megtett utat elosztjuk az út megtételéhez szükséges idővel:

$$v = s/t$$

Egy fénysugárnak a sebessége mindig a fénysebesség, a szokásos jelöléssel  $c$ .

Tehát igaz az összefüggés:

$$c = s/t$$

Azonban tudjuk, hogy a  $c$  egy konstans, azaz minden körülmények között állandó. Ha tehát  $s$  (a megtett út) egy koordináta-rendszerből nézve többnek látszik, mint egy másikkól nézve, akkor  $t$ -nek (az időtartamnak) is többnek kell lennie az előbbi koordináta-rendszerből nézve, mint a másikkól, mert csak így lehet mindkét esetben a hányados ugyanaz. Ezek szerint a fénysugár mozgásának folyamata az egyik koordináta-rendszerből nézve rövidebb ideig tart, mint a másikkól nézve. Mivel ugyanarról a folyamatról van szó, mégis van alapunk összehasonlítani a két rendszert: arra a következtetésre kell jutnunk, hogy az egyikben gyorsabban telik az idő.

Han Solo Millennium Falconja távoli galaxisokat (óriási gyorsulással, befagyasztva) elérhette úgy, hogy közben űrhajójában még 1 év sem telt el. Nem hiányzott közben Leia hercegnő társainak?



15. ábra: A csoda jármű

Azonban ne reménykedjünk abban, hogy majd egyszer képesek leszünk közel fénysebességgel haladó űrhajókkal keresztülszelni a Világegyetemet. A fénysebesség tulajdonképpen végtelen: nyugalmi tömeggel rendelkező test nem érheti el soha.

Minden mozgó tárgynak mozgási energiája van, ami a tárgy tömegétől és a sebességétől függ. Egy gépkocsinak könnyen megnövelhetjük a mozgási

energiáját: csak gázt kell adnunk. Ezáltal sebességét növeltük, az autó tömege nem változott.

Ugyanezt a szituációt kell elképzelnünk, csak egy kicsit szélsőséesebb esetben. Egy űrhajóval repülünk, aminek a sebessége már majdnem eléri a fénysebességet. Ám a hajtóművében továbbra is üzemanyagot égetünk, és ezáltal még több energiát adunk neki. Energia nem veszt el. Az üzemanyag energiája csökken, ezért az űrhajó mozgási energiája növekedik.

Az űrhajó sebessége már alig növekedhet, hiszen így is majdnem elérte a maximális határsebességet. Einstein állítása szerint ekkor a mozgási energia másik összetevőjének, a tömegnek kell növekednie. Einstein számításai szerint egy 1 tonnás űrhajónak, ha a fénysebesség 99 %-ával halad, 7.1 tonnára, ha a fénysebesség 99.999 %-ával halad, akkor 224 tonnára növekszik a tömege. Einstein elmélete szerint a tömeg egy energiafajta. Az előző esetben az energia, melyet a hajtómű termelt, átalakult tömeggé.

Egy fénysebesség 99,999 %-ával mozgó alma tömege 50 kg lenne!  
Egy test összes energiája, Einstein híres egyenlete szerint, így számolható ki:  
 $E=mc^2$ .

Ebben a képletben az  $m$  nem a test nyugalmi tömegét jelenti, hanem az ún. relativisztikus tömegét.

Egy test relativisztikus tömege a bétából ( $\beta = v/c$ ) és a nyugalmi tömegéből ( $m_0$ ) a következőképpen számolható ki:

$$m=m_0/(1-\beta^2)^{1/2}$$

Mivel ez az energiamennyiség magába foglalja a test mozgási és ún. nyugalmi energiáját is, ezért:

$$m_0c^2/(1-\beta^2)^{1/2}=m_0c^2+E_m$$

ahol  $E_m$  a test mozgási energiája.

Nem kell a képleteket értenünk, elég látnunk a lényegét. Az egyenletekben az egyik oldalon az energia, a másikon a tömeg szerepel, és a fénysebesség négyzete, mint egy "mértékegység átváltó" konstans. Ezek szerint tehát az energia és a tömeg teljesen ekvivalens egymással. Einstein egybekapcsolta az energia- és a tömegmegmaradás elvét (Fercsik,1977).

A tudomány szempontjából ez az  $E = mc^2$  képlet a felülírási határt biztosítja. Márpedig a sci-fi műfajába sorolható művek igen nagy hányada áthágja ezt a korlátot. Talán éppen nem tudományos alapon? Könnyen lehet. Almár Iván egy tanulmánya szintén felvetette e kérdést. Ő maga is tudományos alapon közelített az intergalaktikus utazás lehetőségeihez. Néhány észrevételét

érdeemes idéznünk: A relativisztikus sebességgel repülő űrhajónál meg kell említeni azt a körülményt, hogy a relativitáselmélet egyik elfogadott következtetése értelmében az ilyen járműben lényegesen lassabban telik az idő, mint itt a Földön. Ezért a benne repülő űrhajósok lassabban öregszenek. A 2,2 millió fényévyire lévő Androméda-köd is elérhető ilyen relativisztikus űrhajóval úgy, hogy a benne ülők csak 30 évet öregszenek, miközben a Földön 2 millió év telt el. Mindez, mint lehetőség, nem mond ellent a fizika ma ismeretes törvényeinek. Más a helyzet a fénysebességet meghaladó űrhajóval, mint lehetőséggel. Ha szigorúan a bizonyított tudományos eredmények szintjén maradunk, akkor a fénysebességnél gyorsabban repülni egyáltalán nem lehet. Vannak azonban bizonyos homályos elgondolások, amelyek nem zárják ki a fénysebesség átlépését, mint lehetőséget. (...) Vannak, akik azt állítják, hogy (...) a fénysebesség átlépése nem mond ellent a fizika végső törvényeinek. (...) Mindenesetre az ilyen fénysebesség fölötti utazás lenne az egyetlen lehetőség arra, hogy a csillagűrhajó felbocsátója maga élvezhesse az út eredményeit."

Csakhogy a fenti képlet kizárja ennek megvalósíthatóságát, ugyanis ha az anyag eléri a fénysebességet, végtelenné válik a tömege.

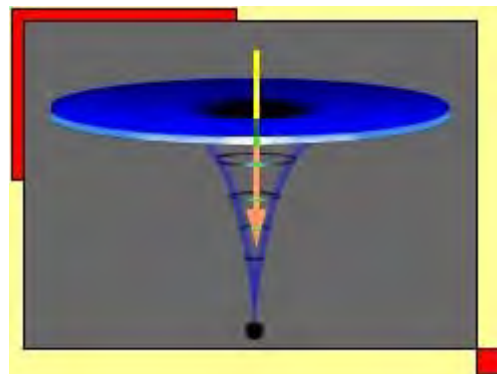
Úgy tűnik tehát, hogy maga a hiperűrutazás csak pusztán feltevés. A tudomány mindenkori állása szerint kivitelezhetetlen. Nagyon kevés az olyan sci-fi, mely egyáltalán foglalkozik e problémával, azaz nem feltétlenül a tudomány képezi a műfaj elsődlegességét. Bár számos ötletet mozgósít (pl. dimenzióugrás, mely többek között azért kivitelezhetetlen, mert megváltozik közben az anyag szerkezete stb.), mégis inkább a fantasztikumra tereli a figyelmet. Ebből a szempontból tehát a sci-fi elnevezés előtagja akár meg is kérdőjelezhető.

## **A fekete lyukak**

A sci-fi filmekben az űrhajósok számára a legveszélyesebb objektum az űrben a fekete lyuk.

A fekete lyukak a téridő azon tartományai, amelyekbe anyag és sugárzás csak behullhat, de kijönni semmi sem képes. Még elektromágneses sugárzás, így a fény sem hagyhatja el a fekete lyukat, innét ered a neve.

Feltételezhető, hogy a egyes csillagok életciklusuk utolsó állomásában válnak fekete lyukakká. Csillag akkor keletkezik, mikor nagy mennyiségű gáz (többnyire hidrogén) saját tömegvonzásának hatására önmagába roskad. A gázfelhő összehúzódása közben a gázatomok mind gyakrabban és nagyobb sebességgel ütköznek egymásnak, ennek következménye, hogy a gáz felmelegszik [Hermann, 1992].



16. ábra: A fekete lyuk

Idővel eléri azt a hőmérsékletet, melyen a hidrogénatomok héliummá egyesülnek a felszabaduló hő hatására világít a csillag. Ez a hőmérséklet a gáz nyomását is növeli, amíg az végül kiegyenlíti a gravitáció összehúzó erejét, ekkor szűnik meg a zsugorodás. A csillagok hosszú időn át megőrzik stabilitásukat, mivel a nukleáris folyamatok során fejlődő hő ellensúlyozza a gravitációt. Idővel persze kimerül a csillag üzemanyag készlete". A belső hőmérséklete már nem elég ahhoz, hogy energia felszabadulás mellett újabb és újabb elemeket építsen fel". Az öregedő csillag belső egyensúlya többé már nem tartható fenn, a mag összehúzódik.

Számítások szerint, ha csillag kis tömegű (1,5 naptömeg alatti = *Chandrasekhar-határ*) fehér törpévé (néhány ezer kilométeres átmérőjű, több százezer  $\text{kg/cm}^3$  sűrűségű) válik, a legtöbb csillag ekként fejezi be az életét.

A nagytömegű "öreg" csillagok élete másként fejeződik be. A felépítésük réteges, legkívül van a hidrogén- és a héliumréteg, beljebb következnek a csillagfejlődés során létrejött nehezebb elemek (pl.: szén, szilícium, vas). A még ezeknél is nehezebb elemek már nem épülhetnek fel, mert az a folyamat már nem szabadítana fel energiát, hanem éppen ellenkezőleg energiát igényelne. Létrejön a szupernóva-robbanás, melynek következtében a csillag külső rétegei a felszabaduló energia hatására ledobódnak. A csillag összeomlása a nyomáscsökkenés miatt következik be, ez történhet abból, hogy a protonok nagyenergiájú elektronokat fognak be és neutronok jönnek létre, vagy a vasatomok magja a magas hőmérséklet miatt "széttörik", ehhez energia kell és lecsökken a nyomás. Szupernóva maradvány képződik, a belsejében pedig egy neutroncsillag marad vissza. Ezt a II. típusú szupernóva robbanásnak nevezzük. (Az I. típus esetében egy olyan fehér törpe összeomlása következik be, amelyik egy kettős rendszer tagja. Bizonyos idő elteltével a kísérőcsillagról átfolyó anyag miatt a fehér törpe tömege meghaladja a Chandrasekhar-határt, a csillag összeomlik, ennek hatására a csillag ledobja a külső részeit.) Ha a csillag (II. típusúnál) összeomlásakor megmaradó tömeg 7-8 naptömeg, akkor ez a belső mag fekete lyukká esik össze.

A fekete lyukaknak óriási a sűrűsége és a felszíne közelében a gravitációs hatása is. Ebből az óriási gravitációból következik, hogy sem anyag, sem energia nem távozhat el belőle (még a fény sem), semmilyen információnk nincs a benne zajló

folyamatokról. Határfelületüket ezért eseményhorizontnak nevezzük, ez egybeesik azoknak a fényugaraknak a pályájával, amelyek éppen nem tudnak kiszökni. A fekete lyukakban a gravitáció minden más erőt felülmúl, s az anyag egy számunkra ismeretlen, végtelenül sűrű állapot felé omlik össze, amit szingularitásként írhatunk le. A fekete lyuk a térnek e szingularitás körüli tartománya, az eseményhorizont sugarát pedig az ún. Schwarzschild-rádiusz adja meg, ami viszont a tömegtől függ. (Ha az illető anyag a Schwarzschild-rádiusznál kisebbre préselődik össze, akkor haladja meg a szökési sebesség a fény sebességét.).

[<http://www.supernova.hu/h tema/marcius/h tema.html>]

Egy  $m$  tömeg Schwarzschild-rádiusza km-ben könnyen kiszámítható az  $R_s = \frac{2Gm}{c^2}$

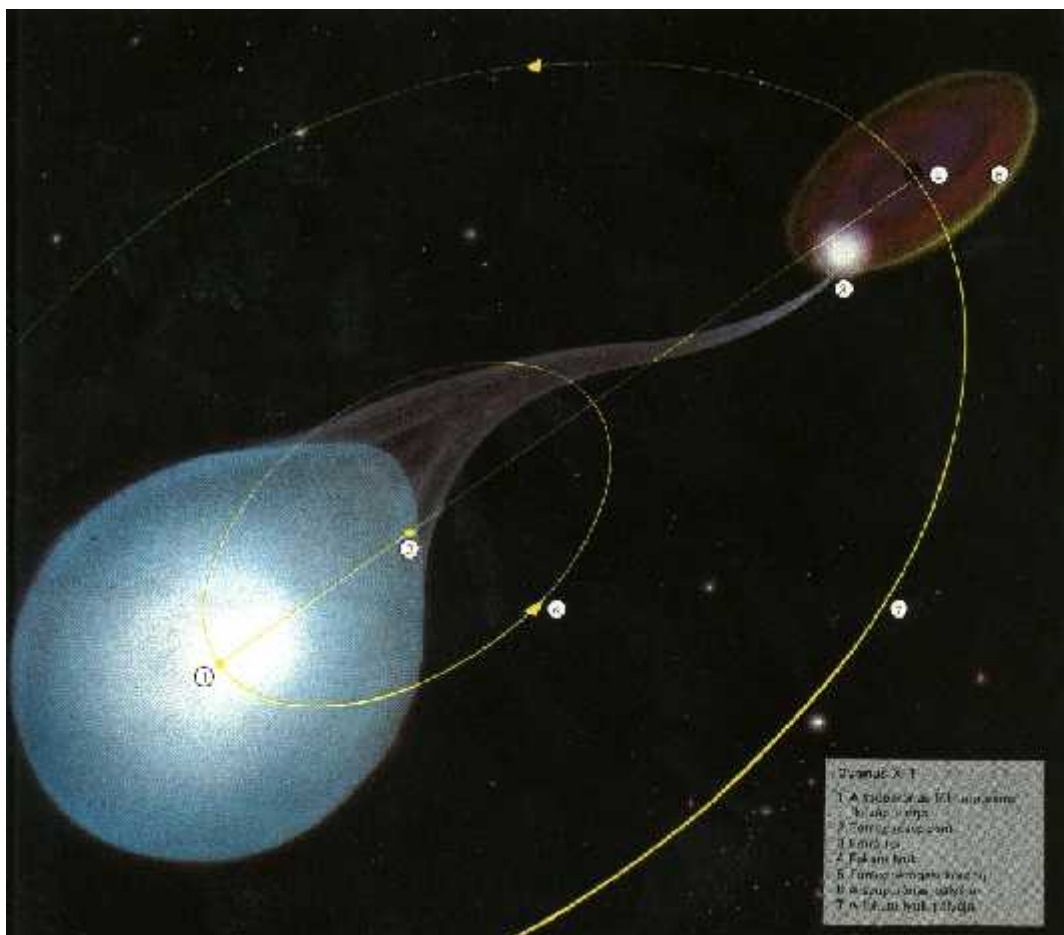
képlettel, ahol  $G$  az általános gravitációs állandó,  $c$  pedig a fénysebesség.

(Ez alapján a Nap Schwarzschild-rádiusza mintegy 3 km, a Földé pedig 1 cm).

Fekete lyukak elméletileg minden anyagtömegből keletkezhetnek, ha a Schwarzschild-rádiuszánál kisebbre nyomódnak össze. Igazán nagy fekete lyukakat galaxismagokban találhatunk. Az elméletek szerint az aktív galaxisok magjaiban fekete lyukak húzódnak meg, és iszonyatos tömegvonzásuk révén folyamatosan maguk köré gyűjtik a galaxis anyagát, a gázfelhőket és a kifejlett csillagokat. A csillagokat aztán a roppant mértékű gravitáció szabályosan szétszakítja, így anyaguk a gázfelhők anyagával együtt egy örvénylő korongot képez a fekete lyuk körül. Ebből az úgynevezett tömegbefogási korongból az anyag a fekete lyuk felé zuhan. A behulló anyag végső eltűnése előtt hatalmas energiára tesz szert, amely sugárzás formájában szabadul fel. Ez a sugárzás adja az aktív galaxisok magjainak iszonyatos fényerejét. A lyuk felé zuhanó anyag egy részét a felszabaduló energia visszasöpri a világűrbe, két ellentétes, a tömegbefogási korongra merőleges irányú anyagkilövellés formájában [Hawking, 1995].

Bár maguk a fekete lyukak nem figyelhetők meg közvetlenül, a közelükben zajló folyamatok felfedik a jelenlétüket. A fekete lyukak létezése ma a csillagászok számára majdnem olyan bizonyos, mint a részecskefizikusok számára az elemi részecskék létezése, talán még bizonyosabb, mint a kvarkok létezése. Ha csak annak a létezésében hinnénk, amit látni lehet, akkor a részecske fizika, kvantummechanika, stb. nagy részét nyugodtan meg lehet kérdőjelezni, pl. ilyen kijelentésekkel, hogy "ki látott már mágneses teret?".

A csillagászok olyan rendszereket figyeltek meg, amelyben egy látható csillag kering, láthatatlan társa körül. A Cygnus X-1 esetében a fehér törpéket illetve neutroncsillagokat azon az alapon lehet kizárni, hogy azok tömege nem haladhat meg egy bizonyos kritikus értéket, kb. 1,5 illetve 3 naptömeget.



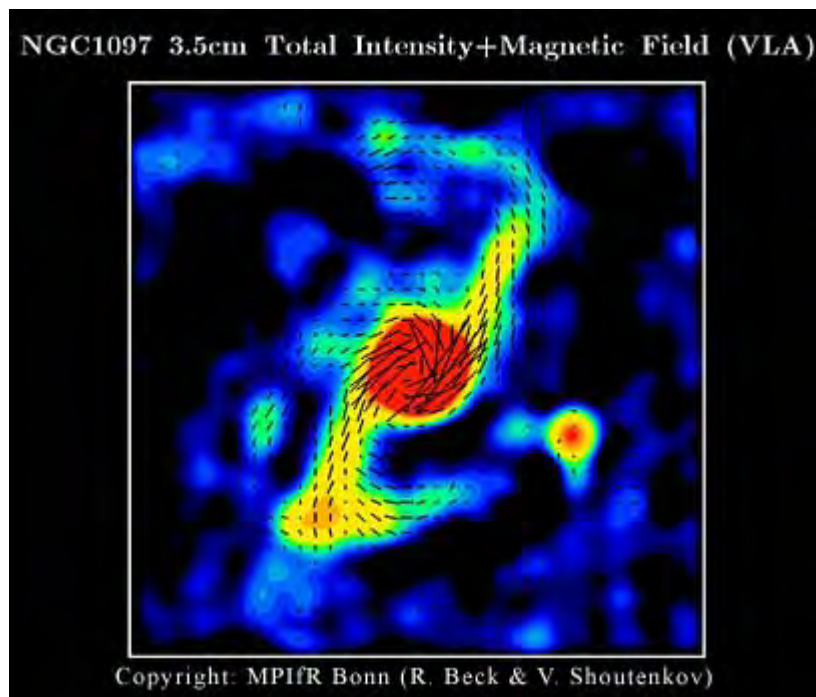
17. ábra: Cygnus X-1

Ezt a kritikus tömeget mind az elmélet (*Chandrasekar*), mind a fehér törpék és neutroncsillagok észlelt tömegeloszlása alátámasztja. Ma már számos esetben biztos, hogy a nem látható tagja a kettőscsillagnak ennél a kritikus tömegnél sokkal nagyobb tömegű (hatszoros naptömeg). Egy galaxis közepén lévő több millió nap tömegű fekete lyukak létezésére a fekete lyukak által keltett gravitációs tér erősségéből lehet következtetni, ugyanis a mag körül lévő csillagok sebesség diszperziója a központ felé haladva hegyes csúcsot mutat. Ilyen mértékű tömegkoncentrációt nagyon nehéz elképzelni más módon, mint egy hatalmas fekete lyuk formájában.

Mostanáig azt hittük, hogy a fekete lyukak mindent magukba szippantanak a közvetlen környezetükből. Német, orosz és ausztrál csillagászok egy csoportja legutóbbi vizsgálataiban más megvilágításba helyezte ezt a kérdést, legalábbis azokra a fekete lyukakra vonatkozólag, amelyek az úgynevezett küllős spirális galaxisok középpontjában helyezkednek el.



A küllôs spirális galaxisok a spirális galaxissá fejlődés korai stádiumában vannak, két karjuk egyenest alkot, amely a két végén hurokszerűen behajlik. Ilyen alakú a tőlünk ötvenmillió fényévnire található, mintegy hatvanezer fényév méretű NGC 1097 galaxis, amelyen a nemzetközi kutatócsoport a vizsgálatait folytatta, párhuzamosan végezve optikai és rádiócsillagászati megfigyelést.



18. ábra: NGC 1097 galaxis

A fekete lyuk körül ugyanolyan stabil csillagpályák alakulnak ki, mint bármilyen más gravitációs centrum körül. A csillagok tehát nem zuhanhatnak bele a fekete lyukba. Egészen más azonban a helyzet az ionizált csillagközi gázzal, amelynek a viselkedését nem a newtoni mechanika szabályozza.

A küllôs spirális galaxisokban a gravitációs tér nagyon elnyúlt, ezért a csillagok nagyon elnyúlt pályán keringenek a galaxis középpontja körül. A küllôben a pályaellipszis elnyúltsága miatt nagyon lelassulnak. A párhuzamosan végzett optikai és rádió csillagászati megfigyelés lehetővé tette, hogy a csillagászok együtt vizsgálhassák a csillagközi gáz áramlását és a gáz mágneses terének irányát. Az derült ki, hogy a küllôben lökeshullám alakul ki, mégpedig nem a küllô határán, mint várták, hanem a küllô tengelyén. A meglepô az volt, hogy ezen a lökeshullámon a gáz nem lelassulva, de eredeti irányában halad tovább, mint a csillagok, hanem közel derékszögben elfordul, és a galaxis centruma felé áramlik. A centrum körül azután egy központi gyűrût alkot."

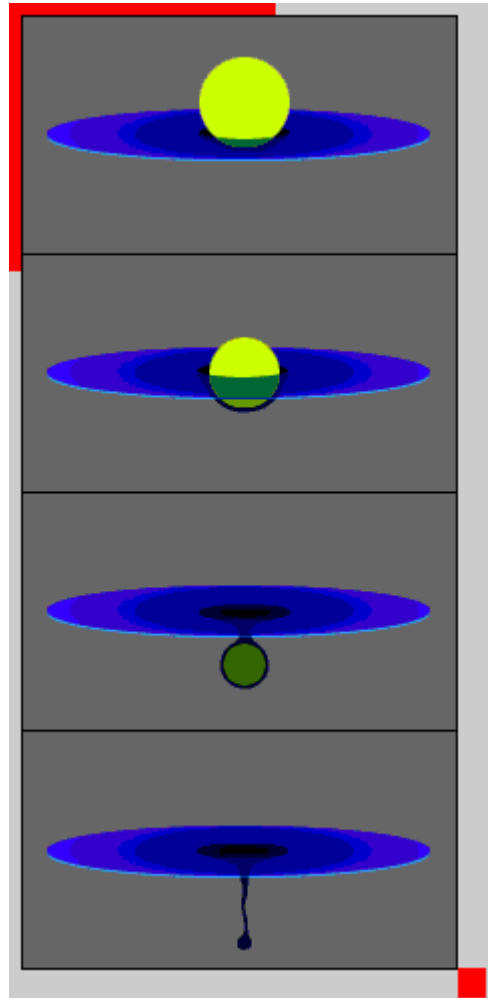
[<http://www.omikk.hu/omikk/haromt/hirek/astro/ngc1097.htm>]

A központi gyűrű részletesebb vizsgálatánál kiderült, hogy ennek a gyűrűnek a mágneses tere spirálisan befelé irányul. Így a gyűrűt alkotó gáznak az a része, amely ott nem tömörül csillagokká, elindul a gyűrűből befelé, a középpont felé. A számítások azt mutatják, hogy az így befelé áramló gáz tömege elegendô ahhoz, hogy a középpontban feltételezett fekete lyukat kellô mértékben táplálja. A vizsgálat tehát azt mutatja, hogy (legalábbis a küllôs spirális galaxisok középpontjában) a fekete lyuk körüli sugárzás nem a válogatás nélkül belé hulló anyagból fakad, hanem abból a csillagközi gázból (plazmából), amelyet a mágneses térből fakadó erők letérítettek a newtoni keringési pályáról.



## A fekete lyukak néhány érdekes tulajdonsága:

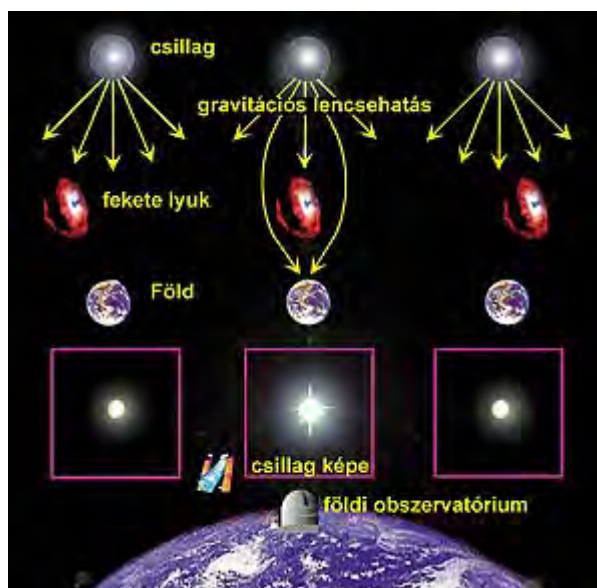
- A relativitáselmélet alapján tisztában vagyunk azzal, hogy nincs abszolút idő. Minden megfigyelő számára más mérték szerint múlik az idő. A fekete lyuk közelében tartózkodó személy számára másként telik az idő, mint az űrbeli megfigyelő számára. A gravitáció hatására lassabban telik az idő az űrhajón lévők szempontjából.
- Mivel a fekete lyuk egy olyan égitest, amelynek nagy a gravitációja, ezért a fekete lyukat nem lehet megközelíteni anélkül, hogy a közelítő személyt az úgynevezett "árapály erők" szét ne tépjék".



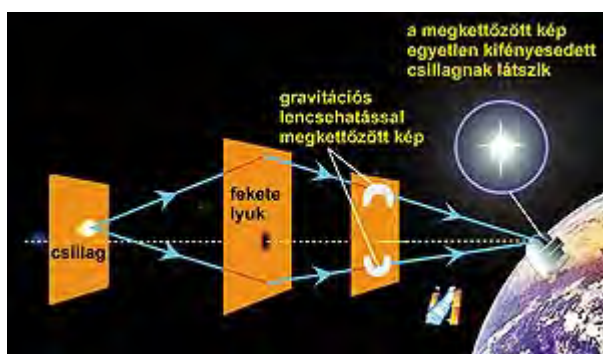
19. ábra: A fekete lyukhoz közelítve

Tehát ha egy űrhajó megközelíti a fekete lyukat, akkor az űrhajó elejére és hátuljára, az űrhajós lábaira és fejére különböző nagyságú gravitációs erők hatnak, a gravitációs térerősség változása a fekete lyuk felé haladva helyről helyre óriásit változik. Ez az erőkülönbség vagy "spagettivé" nyújtaná, vagy széttépné az űrhajóst és járművét, mielőtt az elérhetné az eseményhorizontot. Ha ez nem is történne meg, és be tudnánk jutni a fekete lyukba, az világos, hogy soha többé nem tudnánk kijutni onnan, de még kapcsolatot se tudnánk teremteni senkivel, mivel a rádióhullámok se tudnak kijutni a fekete lyukból.

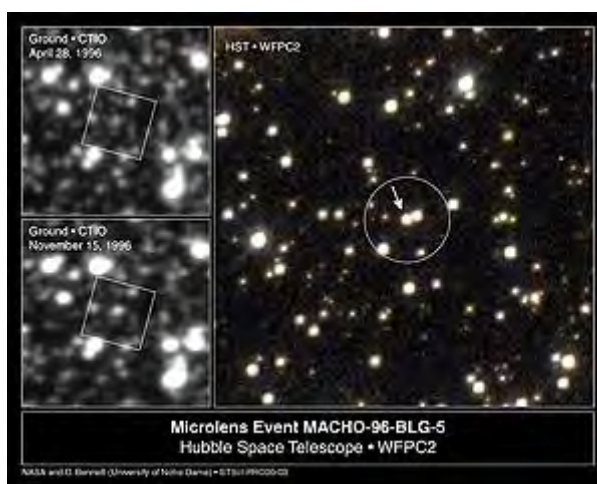
- A fekete lyuk a nagy gravitáció miatt a közelükbe elhaladó fénysugarak útját meggörbíti. (Ha egy távoli galaxis és a Föld között van egy fekete lyuk, akkor az meggörbíti a fényt, és ezért más irányban látjuk a galaxist, mint ahol valójában elhelyezkedik.)



20. ábra: A gravitációs lencse létrejötte



21. ábra: A gravitációs lencse



22. ábra: Hubble űrtávcső felvétele

- Az M87 jelzést viselő galaxisból kiinduló kékesen fénylő egyenes fénysugarat már 1918-ban felfedezték, de a keletkezésének okára eddig nem volt magyarázat. A 10 éve felbocsátott Hubble űrteleszkóp révén sikerült leleplezni az "irányfény" forrását, egy szuperméretű fekete lyukat.



Ez okozza az elektronokból és más szubatomiikus részecskékből álló kékes sugarat. A hatalmas űrbeli porszívó nagy tömegű központja már kétszázmillió naptömegnyi anyagot elnyelt. A fekete lyuk körül a Hubble-kutatók szerint magas hőmérsékletű plazmakorong kering, amelyet az erős mágneses mezők gyorsítanak.

23. ábra: Az "irányfény"

Ezek a mezők okozzák a megfigyelt részecskesugár színét is. Az elektronokat ugyanis a vonzerő az erőtér kör alakú erővonalai mentén tartja. Ennek következtében jön létre a kékes sugárzás, amelyet a részecskegyorsítók után szinkrotron-sugárzásnak is neveznek.

## Időutazás

### Kalandok az időben

Nincs olyan ember, akinek ne fordult volna meg a fejében az időutazás gondolata. Számos regény, film született ebben a témában mint olvashatták is , a dolog azonban mindezidáig megmaradt a tudományos fantasztikum világában.

Az időgép a mozgókép "édestestvére". Mindkettő 1895-ben született, sorsuk elválaszthatatlanul összekapcsolódott. Az időgépet H. G. Wells alkotta meg. Regénye sikerének köszönhetően az időutazás rövid időn belül az egyik legnépszerűbb témája lett a fantasztikus regényeknek, majd a filmnek. A gépezet működtetésében elsősorban a filmesek és a tévések jeleskednek, jóvoltukból a néző fantasztikusnál fantasztikusabb kaland részese lehet.

Az időgép utasa tetszés szerint veheti az útját *Előre a múltba* vagy *Vissza a jövőbe*. A szerkezet nem ismer határokat, időbeli korlátokat.

Legtöbb esetben azonban nincs választása az embernek. Mint az *Időcsapdában* című film amerikai tengeralattjárója legénységének. Véletlen folytán nyílik meg előttük a jövőbe vezető út. Ám az ottani világ közel sem olyan idillikus, mint azt képzeltek. Hasonló a helyzet a Nimitz anyahajóval, amely elektromágneses viharok köszönhetően 1941-be csöppen. Épp akkor, amikor a japán flotta orvtámadásra készül Pearl Harbor ellen. A kapitány kiadhatná a parancsot a megelőző csapásra. Kérdés, hogy megteszi-e, joga van-e ahhoz, hogy megváltoztassa a történelmet? Ilyen és hasonló kérdések körül bonyolódik az 1980-ban készült *Végső visszaszámlálás*.

Minden idők legnépszerűbb időkalandja a *Vissza a jövőbe* című trilógia. Egy kisváros álmodozó kamasza harminc esztendőre repül vissza a múltba úgy, hogy a saját jelene a



24. ábra: Jelenet a filmből

veszélyeztetett jövőjévé válik.



25. ábra: Jelenet a filmből

Ha ugyanis az időutazó belekontárkodik a múltba, könnyen lehet, hogy átírja a történelmet, beleértve saját történetét is. Még az is megeshet, hogy beavatkozásnak köszönhetően meg sem születhet...

A látszólagos ellentmondás az időutazás paradoxonjából fakad. Hatalmas jelentőséggel bír tehát minden mondat és mozdulat, hiszen ki tudja, milyen hatással lesz a jövőre nézve?! A *Vissza a jövőbe* könnyed hangvételű sci-fi vígjáték, tele képes képtelenséggel, komikus helyzettel, fantasztikus trükkal.

A *Terminátor* című film főhőse viszont kétszer is a jövőből érkezik: egyszer azért, hogy megölje a jövőbeli lázadók vezérének anyját, másodszer pedig azért, hogy megmentse kamaszkorú jövőbeli megbízóját a jövőből érkező gyilkostól.



26. ábra: A terminátor

Időszökevények, veszedelmes terroristák és bűnözők után nyomoz a *Time Trax* *Hajszá az időn át* című tévésorozat rendőr hőse.

Mint e néhány példa mutatja, az időgép fáradhatatlanul szállítja utasait, a közönségnek tetszenek ezek a mesék

### **Lehetséges-e az időutazás?**

Az utolsó pár évtized komoly tudományának "legvadabb" fejleménye a tudósok körében, az időutazás lehetőségének elemzése. A tudósok nem foglalkoznak (legalábbis még nem) időgépek kifejlesztésével laboratóriumaikban, de Einstein általános relativitás-elméletének híres egyenleteit tanulmányozva arra a megállapításra jutottak, hogy semmilyen fizikai törvény nem sérti meg az időutazás lehetőségét. Nagyon valószínű, hogy nagyon nehéz ezt megvalósítani, de nem lehetetlen.

Habár ez az egész sci-finek tűnik, a tudósok egy része komolyan vette ezt az elképzelést és egy olyan természeti törvény bevezetését javasolták, mely

megakadályozza az időutazást, s ezáltal megghiúsítja különböző paradoxonok kialakulását. Ez idáig azonban senkinek sincs semmilyen elképzelése a törvény működéséről. Klasszikus paradoxon például az az eset, amikor egy személy az időben utazva visszakerül a múltba, s valami módon megakadályozza saját maga megszületését – megöli például nagyanyját még kisgyermek korában vagy pedig olyasmit tesz, ami folytán szülei sosem találkoznak egymással (mint *Vissza a jövőbe* című filmben). Az egész ellentmond a józanésznek, állítják a szkeptikusok, tehát valami törvénynek léteznie kell, mely ezeket megakadályozza. Többé-kevésbé hasonló indoklással próbálták bebizonyítani azt, hogy az időutazás lehetetlen.

Einstein bebizonyította 1905-ben közzétett relativitáselméletében, hogy a fénysebesség megközelítésével előre lehet utazni az időben. Ha tehát majdnem fénysebességgel (a fénysebesség 99,995 százalékával) elutazunk egy 500 fényévre lévő csillaghoz, majd visszajövünk a Földre, akkor mi csak 10 évet öregedünk, miközben a Föld ezret

Az angol Nemzeti Fizikai Laboratórium kutatói két szinkronizált, szuperpontos atomórával - amelyek 300 ezer éven belül 1 másodpercre pontosak - végeztek el egy kísérletet, amely mind a speciális, mind az általános relativitáselmélet jóslatait próbára tette.

Az egyik órát egy Sanghajba, majd onnan visszafelé tartó menetrendszerű Virgin Airways-járaton helyezték el, miközben a másik óra mindvégig Londonban maradt. Az újbóli találkozás pillanatában a "repülő" óra 55 nanoszekundumot ( $55 \times 10^{-9}$  másodpercet) sietett Londonban maradt párjához képest.



27. ábra: Illusztráció

Az eredmény csupán első hallásra meglepő, ám tökéletesen megfelel az Einstein-féle speciális és általános relativitáselmélet jóslatainak. Igaz, a speciális relativitáselmélet szerint az idő annál lassabban telik, minél gyorsabban utazunk (tehát a repülő óra lenne fiatalabb), az általános relativitáselméletből következően viszont annál gyorsabban, minél távolabb vagyunk a Föld középpontjától (vagyis minél magasabbra emelkedünk). A kísérletben ez a két hatás egymás ellen dolgozott, és mivel az általános relativitáselméletből eredő (a gravitáció gyengülése miatti) "sietés" nagyobb volt, mint a speciális relativitáselméletből adódó (sebesség miatti) "késés", az előbbi győzedelmeskedett. Vagyis a "repülő" óra ez esetben többet



öregedett, mint helyben maradt párja. Nagyobb sebességeknél, persze, fordulna a kocka, hiszen már 87 százalékos fénysebességgel is egy 25 évig tartó utazás után 50 évvel öregebben láthatnánk viszont itthon hagyott ismerőseinket.

Az időutazás, mint tudományos felvetés a 17. században jelent meg. Sir Isaac Newton akkor teljességgel kizárta ennek lehetőségét, tér és idő rögzítettségére, megváltoztathatatlanságára hivatkozva.

Évszázadokig az ő álláspontja volt uralkodó, mígnem Einstein bebizonyította, hogy tér és idő szoros összefüggésben vannak egymással, és mindkettőre hat a gravitáció. Ez az elmélet vezette a tudósokat arra a következtetésre, hogy az univerzumban elterülő óriási gravitációs mezők, mint a tízszeres naptömeget meghaladó csillagok halála után keletkező fekete lyukak esetleg lehetőséget adnának az idő visszafordítására.



28. ábra: Albert Einstein

Elvben a fekete lyukak tényleg lehetőséget nyújtanak egyfajta tér- illetve időutazásra. E lyuk középpontjában létezik egy pont az ún. *szingularitás*, ahol a tér és az idő megszűnik s az anyag sűrűsége végtelenné válik [<http://emc.elte.hu/~ve/95p/veidouta.html>].

Körülbelül 30 évvel ezelőtt Roger Penrose az Oxford egyetemről bebizonyította, hogy bármilyen tárgy, mely ilyen fekete lyuk közelébe kerül, a lyuk gravitációs vonzása következtében a szingularitásba zuhan s örökre eltűnik számunkra [Lukács, 1990].

Az 1960-as években azonban Roy Kerr bebizonyította, hogy a dolgok egészen másképpen alakulnak forgó fekete lyuk esetében. Szintén létrejön szingularitás a lyuk középponti részében, melynek azonban gyűrű formája van. Elvben lehetséges "átúszni" a lyuk gyűrűjén s megjelenni egy más helyen, más időben. E megoldás iránti érdeklődés is csupán a 70-es években nőtt meg, miután a csillagászok felfedeztek pár fekete lyuknak tűnő objektumot Tejútrendszerünk és más galaxisok központjában.

Hasonlóan a *Kerr-megoldáshoz*, más típusú *fekete-lyuk-időgépek* is megengedettek, mint például a *féreglyukként* ismert konfigurációk, melynél két fekete lyuk (saját térrel és idővel) ún. "torokkal" van összekötve.

Einstein 1915-ben megfogalmazta, hogy a tér és az idő egyaránt "hajlított" valóságok. A rendkívül nagy tömegű tárgyak közelében ez a hajlás rendkívül

nagy. Ha egy tárgy elég sűrű, a hajlás szinte végtelen, és így alagutat is nyithat, amely az idő és a tér távoli régióit közeli szomszédokká teheti. Ezt az alagutat a fizikusok "féregjáratnak" hívják.

1988-ban Kip Thorne fizikus több kollegájával együtt felvetette, hogy egy ilyen féregjárat segítségével megvalósítható az időutazás a múltba. A járat egyik végét az űrben majdnem fénysebességgel mozgatjuk, miközben a másik végét stabilan Földhöz rögzítjük. Ezután a járat mozgó végébe ugorva éppúgy, mint az utazó űrhajós, ez a vége a járatnak lassabban öregszik, ezért egy korábbi időhöz kapcsolja a járat rögzített végét. Amikor a következő pillanatban az ember kijön a járat lerögzített végén, a saját múltjában találhatja magát.

Thorne és kollegái egy közel egymilliárd kilométer átmérőjű féregjárat elkészítésével tartják elképzelhetőnek az emberek időutaztatását ennek a szerkezetnek az elkészítéséhez azonban a Nap tömegénél 200 milliószor súlyosabb tárgyra lenne szükség, ezért egyelőre le kell mondanunk arról, hogy szemtanúi legyünk saját múltunknak.

A megvalósítás azért nem mentes a nehézségektől. A feltevések szerint ezek a fényt tökéletesen elnyelő gravitációs mezők lennének a végpontjai az ún. féreglyukaknak. A féreglyukak valójában csörszerű képződmények, melyek a téridő olyan tartományait kötik össze, amelyek egyébként elérhetetlenek egymás számára. Az időutazásra tehát elméletileg itt volna lehetőség. A problémák csupán a következők:

A féreglyuk olyan gyorsan nyílik és záródik, hogy még a fény sem képes áthatolni rajta. Emellett a megfelelő energiaforrás biztosítása sem elhanyagolandó kérdés.

A másik probléma olyan leírást találni mesterségesen előállított féreglyuk esetében, amelyben ez olyannyira kitágul, hogy ember (vagy akár űrhajó) is átjuthat rajta, és amely távol tartja a féreglyuk torkához közeli részben levő anyagot az űrutazóktól.

Talán elkerülhetetlen volt, hogy éppen a sci-fi regények hatására a tudósok meggyőzték magukat arról, hogy az időutazás kellő mértékben fejlett technológiával rendelkező civilizáció által lehetséges. Viszont úgy gondolom egyetlen magyarázat arra, hogy miért is nem találkoztunk eddig időutazókkal a jövőből azért, mert az időgépet nem találták fel.

## **Földünk égi" veszélyforrásai**

Az 1998-as év mozsikerei közé tartozott a *Deep Impact* és az *Armageddon* című film. Előbbiben üstökös, utóbbiban kisbolygó csapódott bolygónk testébe. De mi a helyzet a valóságban? Annyi bizonyos, hogy katasztrófát előidéző becsapódások már többször is előfordultak a földtörténeti múltban és igen valószínű, hogy a jövőben is megtörténnek.



29. ábra: Jelenet az Armageddon című filmből



30. ábra: Arizonai meteorkráter

A csillagászati "közel múltban" csapódtak már a Földre égitestek. Az arizonai meteoritkráter csak 50 000 éves. 1991-ben egy kisbolygó mindössze 170 000 kilométerre suhant el a Föld mellett.

A csillagászok által tanulmányozott égitest közül a kisbolygók és az üstökösök jelentenek veszélyt a Föld számára.

A csillagászok folyamatosan figyelik az ilyen földközeli fércsöveket, hogy idejében észrevegyék, ha valamelyik már veszélyesen megközelítené bolygónkat.

A Föld egy kilométeres aszteroidával 100 000 évente átlagosan egyszer ütközik. Egy ilyen összeütközés már katasztrófa lenne az egész világra nézve. A dinoszauruszok kora 65 millió évvel ezelőtt ért véget, ezzel egy időben, Mexikóban egy kis aszteroida csapódott be a Yucatán-félsziget területére. (Egyes elméletek szerint ez okozta a dinoszauruszok kipusztulását.)

A törmelék magasan szóródott szét a légkörben, és mindenfelé tűz pusztított. A meteorit környezeti katasztrófát okozott. Hatására az éghajlat megváltozott, és ez a földön élő fajok 2/3-ának a kipusztulását eredményezte, egyes kutatók szerint egyetlen 30 kilogrammnál nehezebb állat sem élte túl.



A kutatás az utóbbi pár évben kapott nagy lendületet, amiben szerepe lehetett a katasztrófafilmek hatásának is (*Deep Impact*, *Armageddon*).

(Bár a *Deep Impact* és az *Armageddon* című filmek leginkább arról szólnak, miképp reagál a világ a halálos ítéletre. Nagyszabású cselekményvezetésük és lenyűgöző látványviláguk ellenére a történet elsősorban emberekről szól, azt ábrázolja, miként küzd az egyén a számára legfontosabb dolgokért a pusztulás árnyékában.)

Az utóbbi években rengeteget hallottunk olyan égitestekről, amelyek megközelítették a bolygónkat. A NASA tudósai 2000-ben egy 70 méteres aszteroidáról kiszámolták, hogy az 30 év múlva becsapódhat a Földre. Ha ez valóban bekövetkezik, akkor ennek hatása egy nagy nukleáris robbanáséhoz lesz hasonlítható.

Az eddigi számítások szerint a becsapódás esélye 1:50-hez, ami ugyan nem tűnik soknak, de ez mégis jóval meghaladja bármely eddig ismert, és a mérete alapján a Földre esetlegesen veszélyt jelentő objektum becsapódási esélyeit.

Számítások szerint a vizsgált objektum – ami a 2000 SG344 nevet viseli – 2030. szeptember 21-én fogja a Földet a legjobban megközelíteni, amikor is úgy 15 Föld-Hold távolságnyra fog elhúzni bolygónk mellett. De mivel a tudósok nem tudják a pályáját teljes biztonsággal meghatározni, így azt sem tudják kizárni, hogy esetleg tényleg a Földre csapódik.

### **A torinói skála**

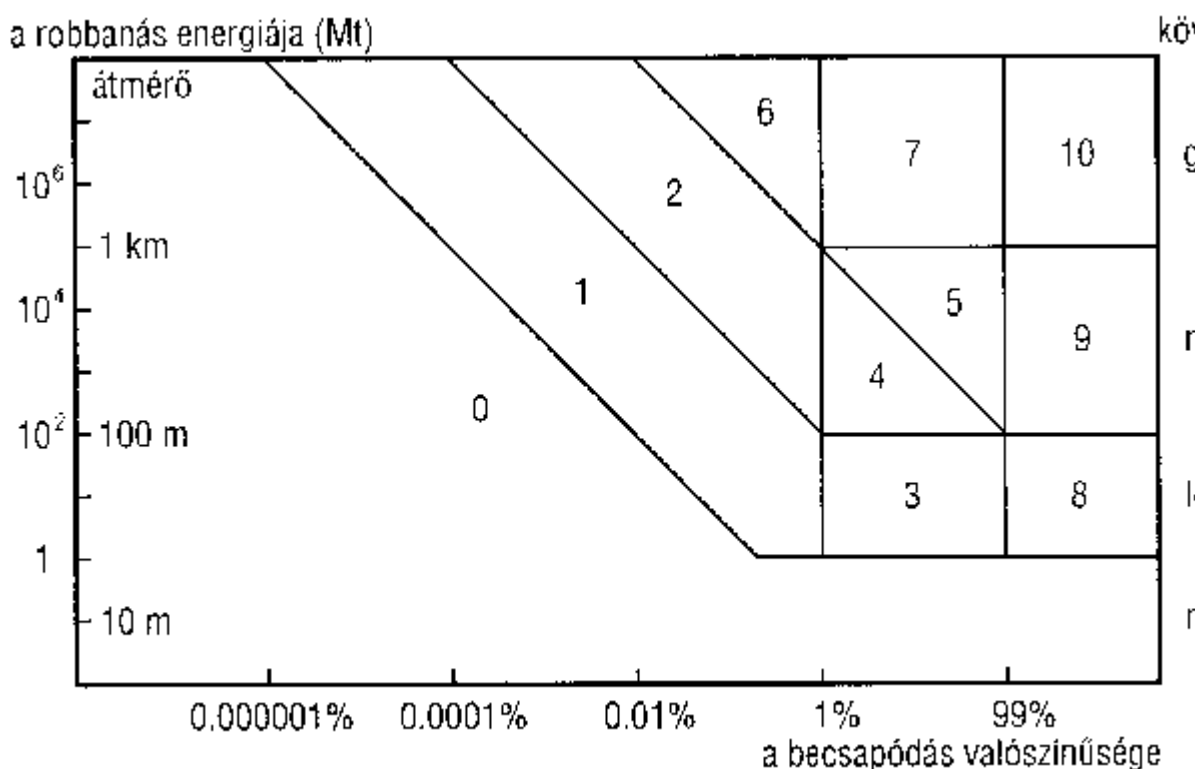
Egy új kisbolygó vagy üstökös felfedezésekor többnyire csak igen bizonytalanul lehet megjósolni, hol lesz az objektum hónapok vagy évek múlva. Ez természetes következménye annak, hogy ilyenkor az égitest pályájának még csak nagyon rövid szakaszát ismerik, és azt is csak némi pontatlansággal. Szerencsére a legtöbb objektum esetében már ennek alapján is nagy biztonsággal kizárható, hogy az égitest a következő évszázadban túlságosan közel kerül Földünkhöz. Vannak azonban olyan kisbolygók, amelyeknél kisebb-nagyobb mértékben, de fennáll ez a veszély.

Éppen ezért a Nemzetközi Csillagászati Szövetség már évek óta fontolgatja, hogy az új felfedezések révén rohamosan gyarapodó számban ismert Földhöz közeli kis égitesteket veszélyességük mértéke szerint csoportosítsa. [Kereszturi-Sárnecky, 2000]

1999 júniusában, Olaszországban konferenciát tartottak a földsúroló égitestekről (minden olyan objektumot ide sorolunk, amely

naprendszerbeli helyzetét tekintve becsapódásával veszélyezteti a Földet) és az általuk képviselt veszélyről. Itt fogadták el a torinói skálát, amellyel egy-egy földközeli objektum veszélyességének foka egyszerűen megadható. A földközeli objektumoknak a skálán kapott értéke az objektum veszélyességét fejezi ki. A beosztás két tényezőn alapul: egyrészt az adott égitest által esetleg okozott kár nagyságát tekinti, amely a sebességétől, valamint tömegétől függ (gyakran a mérettel helyettesítik), másrészt, hogy mekkora valószínűséggel találja el a Földet.

A következő táblázatban az egyes értékek jelentése olvasható le, illetve mindez grafikusán ábrázolva:



31. ábra: A torinói skála

Magyarázat:

**Nincs veszély**

- 0 Az ütközés esélye nulla, továbbá amelyek eltalálják a Földet, de veszélytelenek

**Figyelemre méltó objektumok és események**

- 1 Az ütközés valószínűsége nagyon kicsi, 1 % alatti

**Fontos objektumok és események**

- 2 Közeli elhaladás, de az ütközés valószínűsége 1 % alatti
- 3 Közeli elhaladás, 1 %-nál nagyobb az ütközés valószínűsége, lokális

következményekkel

- 4 Közeli elhaladás, 1 %-nál nagyobb az ütközés valószínűsége, regionális következményekkel

#### **Fenyegető objektumos és események**

- 5 Közeli elhaladás, 1 %-nál nagyobb az ütközés valószínűsége, regionális következményekkel jár
- 6 Közeli elhaladás, kicsi az ütközés valószínűsége, globális következményekkel járhat
- 7 Közeli elhaladás, 1 %-nál nagyobb az ütközés valószínűsége, lokális katasztrófával

#### **Biztos becsapódás**

- 8 Biztos becsapódás, lokális következményekkel (50-1000 évente)
- 9 Biztos becsapódás, regionális következményekkel (1000-10000 évente)
- 10 Biztos becsapódás, globális következményekkel (0,1-0,5 milliárd évente)

#### **Egy becsapódás következményei**

**Sok tényező befolyásolja, hogy egy test eléri-e bolygónk felszínét, illetve, hogy milyen károkat okozhat. A veszély mérlegelésekor a test robbanási magasságát és a robbanás energiáját kell figyelembe venni [Kereszturi-Sárnecky, 2000].**

**Az objektum pályája minél nagyobb szöget zár be a vízszintessel, valamint minél nagyobb a sűrűsége, a szilárdsága és a mérete, annál lejjebb jut a légkörben. A lefelé sűrűsödő atmoszférában repülve egyre nagyobb nyomással nehezedik a légellenállás. Ha kicsi a test, akkor már a légkörben szétrobban, a 10 m körüli objektumok biztonságos magasságban megsemmisülnek.**

**Ritkán előfordulhat, hogy a test a légkört csak súrolja, és rövid repülés után el is hagyja. Ilyen eseményt figyeltek meg 1972-ben, Észak-Amerika felett.**



32. ábra: A Föld légkörébe repülő kisbolygó

A kisbolygók 80-100 méter, az üstökösök 100-150 méter feletti átmérőnél már elég nagy az esély, hogy elérjék a felszínt. A becsapódás pillanatában kráter keletkezik, valamint a robbanás lökéshullámai és izzó gázai többször 10 kilométer átmérőjű területen mindent letarolnak. A Földünket már rengeteg ilyen méretű objektum eltalálta" eddigi élete során, krátereket hagyva maguk után. A következő táblázatban az 5-250 millió éves és legalább 5 kilométer átmérőjű kráterek közül:

Átmérője (km)	A kráter helye	Kb. kora (millió év)	Átmérője (km)	A kráter helye	Kb. kora (millió év)
10	Karla	10 ± 4	25	Ukrajna	100 ± 5
20	Kanada	13 ± 11	17	Logojszk	100 ± 20
24	Ries	14,8 ± 0,7	5	Svédország	118 ± 2
28	Labrador	38 ± 4	22	Ausztrália	130 ± 6

8,5	Ontario	$37 \pm 2$	23	Franciaország	$160 \pm 5$
100	Szibéria	$39 \pm 9$	15	Ukrajna	$185 \pm 10$
14	Finnország	$77 \pm 4$	70	Québec	$210 \pm 4$
25	Alberta	$95 \pm 7$			

Mi történik, amikor egy nagyobb tömegű égitest a Földre zuhan?  
 Most kifejezetten az élőlényekre gyakorolt hatásáról lesz szó.

Legveszélyesebbek az 1 kilométernél nagyobb objektumok becsapódásai, ennek a következményei már az egész földbolygón jelentkeznek.

Egy meteor haladási sebessége a Naptól ilyen távolságban (a földpálya magasságában) átlagosan kb. 40 km/s lehet. Mivel azonban a Föld is mozog, az egymáshoz viszonyított sebességgel kell számolni. Ez pedig attól függ, milyen irányból jön az idegen égitest; akkor a legalacsonyabb (kb. 10 km/s), ha hátulról éri utol, s a legnagyobb (70 km/s), ha szembe halad a Földdel. Becsapódásnál a mozgási energia számít, amely egyenesen arányos a tömeggel és a sebesség négyzetével. Csak a sebességet változtatva nem lenne valami széles energiaspektrumunk. Ezért inkább az érkező meteor tömegét, amely igen széles határok közt változhat (porszemtől a sok km-es kisbolygóig), szokás alapnak tekinteni.

A számítások szerint egy legalább 5 km átmérőjű aszteroida becsapódása az egész Földön éreztetné hatását. Például egy ennél kétszer nagyobb tömegű égitest a légkörbe hatolva ugyanúgy felizzana, mint kisebb társai. A kozmikus sebességgel közeledő sziklatömeg több ezer  $\text{km}^3$  levegőt söpörne félre az útjából, mielőtt a felszínt eléri.



33. ábra: A becsapódás (jelenet a Deep Impact című filmből)

A légkörök legfeljebb hangsebességgel térhetnek ki előle, ő viszont ennél sokkal gyorsabb, ezért a levegő összepréselődik előtte. Az egymásra torlódott rétegek erőteljes lökéshullámként terjednének szét az atmoszférában. Már ez is elég komoly károkat okozna, pedig az igazi robbanás csak ezután következne.

Ha az égitest valamelyik óceánba esik, több 100 m, akár 1 km magas szökőárhullám csaphat fel, amely a bolygót nagy sebességgel haladva többször megkerülheti, s a felszínen a magas hegycsúcsok kivételével mindent elpusztíthat. A néhány 1000 m vastag tengervízréteg aligha fékezheti le különösebben a kisbolygót, s az az alatta lévő kőzetekbe fúródva a szárazföldihez hasonló robbanást okoz. Mindkét esetben igen erős lesz a léglökéshullám s ez további romboló hatást fejt ki a bolygón. A nyomában haladó, felforrósodott gázok tűzvihart okozhatnak, elégetve a növények, elsősorban a fák nagy részét; a keletkező mérgező égéstermék-gázok (szén-dioxid, de főleg a szén-monoxid) pedig további áldozatokat szednek az állatok köréből.

A robbanás sok ezer  $\text{km}^3$  olvadt kőzetet emelne fel nagy magasságba, s ezek visszahullva, egy egész kontinensnyi területet beborítanak. A robbanás legalább 150 km átmérőjű tölcsért vágna a földkéregbe, a falai hegynyi magasságúvá gyűrődnének fel.

De lennének más, közvetett következményei is egy ilyen eseménynek. Ha a földpálya nem is változik meg különösebben, a forgástengely az ütéstől erősen eltolódhat, s ez az előbbieket szerint súlyos klímaváltozással járna. Egy tengeri becsapódásnál sok víz is elpárologna, ami újabb globális méretű éghajlatváltozást okozna. Hosszabb-rövidebb nedvesebb időszak köszönthet be, több felhővel, esővel, gyakori és erőteljes viharokkal. A korábbi időjárási viszonyok esetleg csak sokkal később, vagy sohasem állnának vissza.

Fellépne a hírhedt " nukleáris télhez" hasonló állapot is. A robbanás által felkavart sok millió tonnányi por és hamu nagy része igen magasra, a sztratoszférába is felemelkedhet, s eltakarva a napfényt, a Földön sötétséget és hideget okozna. Az égbolt csak évszázadok alatt tisztulna meg teljesen, mikorra a por lassanként leülepszik; az esők ugyan gyorsan " lemosnák" egy részét, csak hogy a többség a felhők szintjénél (2-10 km) jóval magasabbra juthat fel (20-40 km). Sok állat- és növényfaj számára ez a véget jelentené; a növények napfény híján nem tudnak fotoszintetizálni, így nem fejlődnek, s nem állítanak elő elég táplálékot az állatok számára sem. A táplálékláncot követve, a növényevő állatok kihalását az őket fogyasztó ragadozóké követné, s inkább csak a kisebb táplálékigényű (pl. kistermetű vagy jobb, gazdaságosabb anyagcserével megáldott) fajok maradnának életben. Mivel a tengerek jobban tárolják a hőt, mint a szárazföldek, jelentős hőmérsékleti különbségek alakulnának ki közöttük. Ennek következményei pedig erős viharok lehetnek a parti övezetekben.

A robbanás geológiai problémákat is okozhat. Lökéshullámokat indíthat el a magmában, amelyek nemcsak földrengéseket keltenek, de

a földtanilag érzékenyebb helyeken - pl. törésvonalak, óceáni hátságok stb. - eltörhetnek a kérget alkotó lemeztáblák is; a földfelszín több pontján új tûzhányók születnének. A lökéshullámok megzavarnák a mélyben végbemenô bonyolult áramlások megszokott rendjét, s az egyensúly valószínűleg itt is csak hosszú idő múlva áll helyre. Addig pedig fokozott szeizmikus aktivitásra, így többek között vulkánkitörésekre és földrengésekre kell számítani.

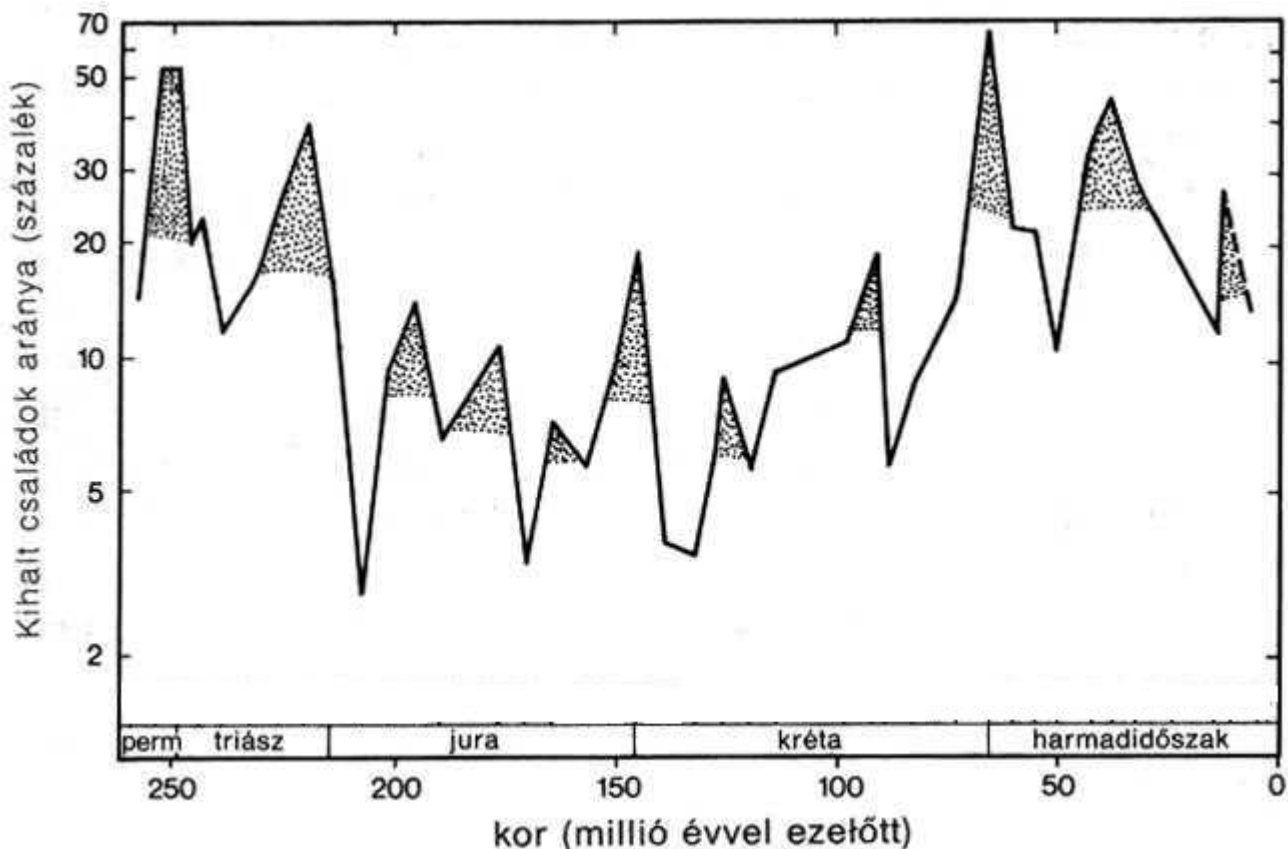
Ha a mag és a köpeny közötti forgási ritmus megtörik, az a dinamó-hatás és vele a mágneses tér megszûnését vonhatja maga után. A Föld mágneses tere bizonyos, bár nagyságrendileg máig sem ismert védelmet nyújt a Föld lakóinak a világûrből érkező káros sugárzásokkal szemben. Ha most egyszerre megszûnne a mágneses mezô, ezek mind a légkörbe kerülnének, s - bár itt a gázatomok fékeznék ôket, ezzel valamelyest csökkentve a veszélyt - az élőlényeket sugársérülések érnék. Az élővilág végleges megváltozását, tartós károsodást, alkalmasint több faj elkorcsosulását vagy kipusztulását okoznák

Egy ilyen ütközés minden következményét természetesen igen nehéz lenne számba venni. A Föld és a hozzá tartozó "járulékos rendszerek" - többek között maga az élővilág, a légkör, az éghajlat stb. - ehhez túl bonyolult és még csak részben ismert mechanizmusok szerint működnek.

De nem szabad alábecsülni az 5 km-nél kisebb meteorok becsapódását sem. Igaz, hogy ezek csekélyebb, lokális pusztításra képesek, ám ha "csak" egy földrész perzselôdik fel, annak is komoly következményei lehetnek, közvetve az egész bolygó élővilágára is.

Bizonyos elméletek szerint ilyen kozmikus katasztrófa többször is előfordult már a Föld történetében.

Az újabban felállított kihalási görbéket - amelyek az idő függvényében ábrázolják az eltűnt fajok számát - úgy is lehet értelmezni, hogy a nagy kipusztulások kb. 26-30 millió évenként ismétlődnek, s velük együtt a kozmikus becsapódások száma is megugrik a Földön ugyanazokban az időszakokban.



34. ábra: A Proceedings of the National Academy of Sciences című folyóiratban közölt táblázatból leolvasható, hogy az egyes geológiai korokban a családok hány százaléka pusztult ki.

### Honnan származnak a kisbolygók és üstökösök?

Eredetük alapján külön kell vizsgálni a kisbolygókat és az üstökösöket. A kisbolygóknál a Mars és a Jupiter közötti fő kisbolygó öv a forrás [Kereszturi-Sárneczky, 2000].

A kisbolygók mozgásuk során a Jupiter közelébe érve, annak gravitációs hatására a pályájuk elnyúlik, majd teljesen megváltozik, amelynek következtében kidobódnak és új pályán kezdik meg útjukat, emellett ütközések következtében is módosulhat pályájuk.

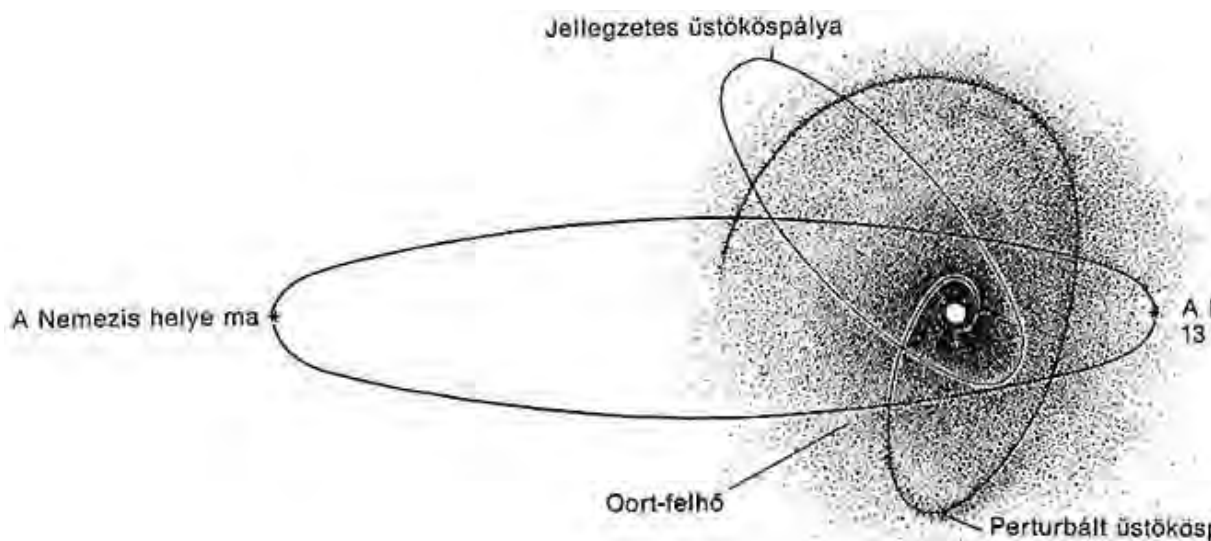
Az üstökösök főleg a Kuiper-övből származó égitestekkel lehetnek. [Kereszturi-Sárneczky, 1999] Századunk közepétől egyre világosabbá vált, hogy a Naprendszer nem ér véget a Plútónál, ennek bizonyítékai az üstökösök. A Kuiper-öv alatt a Neptunusz környékén, azaz 30 Csillagászati Egységnél kezdődő és kb. 500-1000 Csillagászati Egységig tartó zónát értjük.

*Nemesis-elmélet*



Az egyik elmélet szerint a Nap körül erősen elnyújtott ellipszispályán, 26-30 millió éves periódusidővel kering egy eddig ismeretlen, nagyméretű égitest, talán egy kisebb, sötét csillag, vagy egy nagyobb bolygó, esetleg ún. barna törpe. (Ez a kettő közötti átmenet, egy 6-8 jupitertömegű gázgömb, amely már nem bolygó, de még nem is csillag, mivel a tömege nem elég nagy, hogy meginduljon benne a termonukleáris fúzió. Csak az összehúzódás által termelt hő fűti, s az ebből származó infravörös sugárzást bocsátja ki.) Egy ilyen hosszú keringési időhöz nagyon nagy méretű pálya tartozik, amelynek naptávolsági pontja (afélium), 2,6 fényév (kb. 25 billió km) távolságban lehet a Naptól.[Goldsmith,1990]

A Naptól a közel gömbszimmetrikus Oort-felhő kb. az 1000-100000 Cs.E. közötti zónában helyezkedik el, és ha igaz egy külső és egy belső övből áll. Mikor a csillag keringése során napközelibe kerül, behatol ebbe az üstökösrajba is, megzavarva mozgásukat. (A pálya napközeli pontja, a perihélium a felhő belsejében van.) Az üstökösök pályája ilyenkor minden irányba eltérülhet, egyesek a Naprendszer belseje felé veszik útjukat, s az itteni nagy tömegű égitestek, főleg a bolygók magukhoz vonzhatják őket. Néhány a Földre is lezuhanhat; egy üstökös-maggal való találkozás épp oly pusztító lehet, mint a kisbolygó-becsapódás.



35. ábra: A Nemezis pályája (a kis fehér kör a rajz közepén a Naprendszernek az Oort-felhőn belüli része, itt található a Nap összes bolygója.)

Az elmélet bizonyításához természetesen meg kellene találni ezt a titokzatos égitestet. A keresést már évekkel ezelőtt megkezdték. S bár eddig nem találták meg, az elmélet hívei láthatatlanban máris elnevezték Nemezisnek, a bosszúállás görög istennőjéről.

**Hogyan védhetnénk meg a Földet?**

A Földet akkor óvnánk 100%-osan mindenféle kozmikus balesettől", ha minden irányból áthatolhatatlan fallal vennénk körül. Ehhez képest a valóságban minden védelmünket a Hold adja. Az ember elsõre nehezen hinné, hogy képes lenne hatékonyan megakadályozni az ütközéseket, ahhoz túl kicsinek tûnik.

Ha megszemléljük a Hold túlsó oldalát, több ezer kisebb-nagyobb meteoritkrátert láthatunk. Többségük nagyon régi, akkoriban keletkeztek, mikor még sok bolygóközi törmelék keringett az űrben. A nagy meteorbombázás kora jórészt befejezõdött, mire a földi élet kialakult (mai tudásunk szerint 3,5 milliárd éve). De a kráterek között akadnak jóval fiatalabbak is, s ezek közül néhány ma alighanem a Föld felületén éktelenkedne, ha a Hold véletlenül nem jár arra", s nem kerül a közeledõ aszteroida vagy üstökõsmag útjába. Ha ez alatt a 3,5 milliárd év alatt csak egy-két nagyobbfajta ütközéstõl kímélte meg a Földet, már az is komoly kihatással lehet az evolúció egész menetére [Kereszturi-Sárneczky, 2000].

Ha biztosan tudjuk, hogy egy földközeli test eltalálja a bolygónkat, meg kell próbálni letéríteni a pályájáról. A védekezés jellegét a testek tömege határozza meg.

Kisebb testeknél feltételezhetõen elég, ha egy nagy sebességû mesterséges testtel ütköztetjük, nagyobb objektumoknál az égitest közelében atom- vagy hidrogénbombát robbanthatunk, amely sugárzása a felszíni rétegekben elnyelõdve, a felforrósodott test külsõ rétegét lerobbantja, ezzel megváltoztatva annak mozgását.

Ha a felszínen robbantunk fenn áll annak a veszélye, hogy a keletkezett törmelék, a szétesett égitest darabjai problémát jelenthetnek.

Tehát a becsapódás elkerülése végett elsõ dolgunk a kozmikus környezetünk felderítése. Az elsõ keresõ program a Spacewatch, a távcsõ 30 méternél kisebb égitesteket is képes észlelni, közülük egyik-másik még a 10 métert sem éri el. Itt megemlíthetjük még az ODAS, LINEAR és LONEOS programokat is, amelyek mindegyikében foglalkoznak kisbolygó- és üstökös észleléssel.

Tehát annak az esélye, hogy az üstökösök, aszteroidák katasztrófát okozzanak, hihetetlenül kicsi. Az emberiséget a világ egyes részein sokkal jobban veszélyeztetik a földrengések, a vulkánkitörések, betegségek és az éhínség.

## **Idegenek**

**Kutatás ismeretlen világok után ( Bolygóvadászat")**

A legtöbb ember valószínűleg már feltette magának a kérdést: egyedül vagyunk-e a Világegyetemben? Létezik-e élet a Földön kívül, kifejlődtek-e máshol is értelmes lények?

A sci-fi filmek már megadták erre a választ. Némelyek idelátogatnak a Földre, míg másokkal egy másik égitesten vagy az űrben lehet összefutni". Többnyire emberszerűek, de akadnak kivételek is.

Már jóval azelőtt, hogy bármilyen ismerettel rendelkezünk volna a világegyetemről, álmodoztunk arról, hogy megkeressük az idegen lényeket.

Az erre vonatkozó korai ötletek szellemesek, de annál kevésbé praktikusak: ilyen volt például egy óriási tükör felállításának az ötlete, amellyel a napfény segítségével morzejeleket lehetne küldeni a Hold vagy a Mars (akkor még feltételezett) lakóinak. Természetesen a fizikai korlátokból következően ez sosem lett volna működőképes. [<http://supernova.akg.hu/htema/htema.html>]

Mai tudásunk szerint az általunk ismert élet csak bolygókon, esetleg nagyobb holdakon lehetséges. Ahhoz, hogy eldönthessük, vannak-e az életnek más formái, amelyek képesek a kapcsolatfelvételre, a következő kérdésre kell választ adnunk. Hány csillag létezik? Hány bolygójuk van? Lehet-e élet ezen világok valamelyikén? Olyan típusú-e, amely esetleg fel akarná venni a kapcsolatot velünk?

Az első alapvető kérdésre már tudjuk a választ: sok csillag van (több csillag létezik, mint amennyi homokszem van a világ összes vízpartján) a világűrben, de mindegyikük elképzelhetetlenül és elérhetetlenül messze van. A csillagok különböző tényezőktől függően, mint amilyen a tömeg, a fényerősség és az "életkor", a forró óriásoktól kezdve a majdnem hideg törpékig bármilyenek lehetnek. [<http://supernova.akg.hu/htema/htema.html>]

Bár elképzelhető a miénktől egészen eltérő életformák léte is hajlamosak vagyunk humanizálni az idegeneket, maradunk a szén-víz-oxigén alapú élővilág lehetőségénél, amennyiben intelligens életről beszélünk, annak alapvetően hasonlítania kell hozzánk az evolúció és a természetes kiválasztódás törvényeinek megfelelően.

A földihez hasonló élővilág kialakulásához számos feltételnek kell teljesülnie. Alapvető, hogy a csillagától mennyi fényenergiát kap egy bolygó, és ez időben változik-e. A bolygóra jutó fény mennyisége

függ a csillag jellemzőitől, a bolygónak a csillagtól való távolságától. Fontos még a bolygó mérete, tömege, gravitációs terének nagysága, anyaga, fényvisszaverő képessége, légkörének összetétele. Az árapály erők miatt jelentős lehet a bolygó holdjainak hatása.

Az óriási távolságban lévő csillagok bolygóinak kimutatása rendkívül nehéz feladat. Közvetlen módon szinte reménytelen, hiszen nagyon közel látszanak egymáshoz. Csak az űrtávcsövek használata hozhat sikert, melyeknél a felbontóképességet nem rontja le a földi légkör hatása.

A felfedezés a csillagok radiális sebességváltozásainak észlelésével történt, ami megszokott módszer. Lényege, hogy a kísérő égitestek a csillag mozgásában apró, periodikusan ismétlődő változásokat okoznak (gravitációs hatásuknál fogva egy kicsit "rángatják" a csillagot), amit egy bizonyos érték felett észlelni tudunk.

Gravitációs hatásuk alapján viszont már van remény megtalálásukra. A bolygó és a csillag a közös tömegközéppont körül kering. Ha a bolygó elég nagy tömegű, akkor a csillag mozgása már mérhetővé válhat. Egy közeli csillagnak a háttérhez képesti hullámos elmozdulása utalhat kísérő jelenlétére, hisz így érvényesül a tömegközéppont egyenes vonalú pályája

Az utóbbi években nagyszerű felvételek (A nagyszerű teljesítmény természetesen a Hubble-űrtávcső (Hubble Space Telescope, HST) nevéhez fűződik.), vagyis közvetlen megfigyelések bizonyították, hogy a bolygóképződés igen gyakori folyamat az újszülött csillagok környezetében. Az Orion-köd, az egyik legközelebbi "csillagóvoda" területén kb. félszáz olyan fiatal csillagról tudunk, amelyek körül porból és gázból álló anyagkorong húzódik. Ilyen proto-planetáris korongból születhettek meg 4,6-5 milliárd évvel ezelőtt a Naprendszer bolygói is. [<http://www.jate.u-szeged.hu/obs/ismeret/exoboly1.html>]

Jelenleg mintegy 60 olyan Naprendszeren kívüli bolygót ismerünk, amelyek a Naphoz hasonló csillagok körül keringenek. Számuk folyamatosan gyarapodik, amiből nyilvánvalónak tűnik, hogy a kísérőkkel rendelkező csillagok igen gyakoriak, sőt minden bizonnyal általánosak a Tejútrendszerben. A probléma az, hogy e bolygók mindegyike a Jupiternél nagyobb vagy ahhoz hasonló tömegű gázóriás, így az általunk ismert élet nem lehetséges rajtuk.

Ismertek olyan "bolygógyanús" objektumok, amelyek normális, fősorozati csillagok körül keringenek, de ismerünk pulzárok, vagyis

gyorsan forgó neutroncsillagok körüli bolygójelölteket is.

[<http://www.jate.u-szeged.hu/obs/ismeret/exo/extrasol.html>]

Általában 13 Jupiter-tömegnél húzzák meg a bolygó-kategória határát. Efelett a barna törpék, amolyan "torzszülött" csillagok következnek. Tömegük nem elégséges ahhoz, hogy magjukban megindulhassanak a magfúziós folyamatok (0,08 naptömegnél kisebb tömeg). A barna törpék így átmenetet képeznek a törpecsillagok és az óriásbolygók között. Fizikai szempontból a Jupiter-szerű óriásbolygók és a barna törpék között alig van különbség. Ugyanakkor kialakulásukat tekintve már igen, ugyanis a bolygók proto-planetáris korongban jönnek létre, míg a barna törpék valószínűleg a csillagokhoz hasonlóan a csillagközi anyag összehúzódása során születnek.

Egy 3 bolygóval rendelkező csillagot fedeztek fel a Naprendszeren kívül 1999-ben. Ez volt az első olyan eset, hogy egy csillag körül több kísérőt is észleltek. Az Üpszilon Andromedae nevű csillag kísérői mindannyian tekintélyes gázóriások, amelyek valószínűleg nem rendelkeznek szilárd felszínnel. A képen a bolygók pályáit zöld vonalak jelzik (b, c és d), viszonyításképpen pedig a Naprendszer belső bolygóinak pályáit láthatjuk (Merkúr, Vénusz, Föld, Mars, szaggatott vonalakkal). A bolygók csillagtávolsága: 9, 108 és 373 millió km (a Föld naptávolsága 150 millió km).

[<http://supernova.akg.hu/ujhirek/aprilis/3planet/index.htm>]



36. ábra: Az első exo-bolygórendszer

Csakhogy ezek mindegyikével kapcsolatban kizárható, hogy élet alakulhasson ki rajtuk, mert vagy túl nagyok, vagy túl forróak, azaz egy-egy bolygó, vagy akár bolygórendszer léte önmagában még nem jelenti automatikusan azt, hogy ott az élet is létrejöhet. Példa erre a mi Naprendszerünk, hiszen kilenc ismert planétája van, és közülük - bizonyítottan - csak a

Földön alakult ki az élet. Ehhez ugyanis mindenekelőtt szilárd kérgű, úgynevezett kőzetbolygóra van szükség. kőzetbolygók is születnek, illetve születtek más rendszerekben. E bolygók között valószínűleg

olyanok is akadnak, amelyeken a környezeti tényezők megfelelnek az általunk ismert életformák számára. Nem lehetünk egyedül ebben a hatalmas Világegyetemben. A bolygókutató szondák jövőbeli mérései és az emberes űrutazások hozhatnak választ erre.

### **Földön kívüli civilizációk létezésének bizonyítási lehetőségei**

Az emberek nem elégednek meg azzal, hogy valamiről teljesen meg legyenek győződve: bizonyítékot követelnek. A fantasztikus filmek készítői is előszeretettel nyúlnak a következő "bizonyítási" módszerekhez.

Az első legközvetlenebb és legbiztosabb eljárás az űrutazás lenne, de egyelőre azonban csak a Naprendszeren belül alkalmazható.

Mégis harminc év távlatából is a tudományos-fantasztikus film alapkövének számító 2001. Űrodüsszeia e módszert használja. A film pontosan visszaadja korának hangulatát, azt az időszakot, amikor az ember kilépett az űrbe, és egy új végtelen világ tárult fel előtte, ugyanis 1964 és 1968 között készült, és a bemutatóra nem sokkal az első Holdra szállás előtt került sor. A mozi nézők már e történelmi jelentőségű űrutazás előtt színesben, széles vásznon figyelhették, amint emberek menetrendszerinti járással utaznak a Holdra, és élik életüket a holdbéli bázison. Mindezt olyan minőségben, ami még a mai korban is megállja a helyét. De, ami ennél is fontosabb: a film a lehető legteljesebb mértékig hiteles - még ma is. Aki beül a moziba, a 2001 láttán úgy érezheti, a valóban megvalósuló jövő egy darabkája tárul elé.

A történet arról szól, hogy az emberiség, amely 2001-ben már a Holdon is letelepedett, egy titokzatos, szabályos alakú, fekete monolitra talál mellékbolygónkon. A rejtélyes tárgy a felfedezésekor hatalmas erejű jelet, üzenetet küld a Jupiter irányába.



37. ábra: A fekete monolit

A Discovery űrhajó elindul a Jupiter felé, hogy kiderítse, kinek vagy minek is szólt ez az üzenet. Csakhogy a küldetés valódi céljáról az űrhajó két ébren lévő és három hibernált utasa mit sem sejt - ez a hajót irányító számítógép, HAL 9000 titka. Ez a helyzet a küldetés előrehaladtával egyre nagyobb konfliktust okoz a gépnek, amely végül zavarodottságában sorra a túlvilágra segíti utasait. Egyedül a kapitány marad életben, aki működésképtelenné teszi HAL-t, majd

találkozik azzal a fejlett intelligenciával, amely a monolitot helyezte el a Holdon, hogy örködjön a gyermekkorát élő emberiség felett.

A második módszernél, ami abból áll, hogy olyan nyomok után kutatunk, amelyeket a kozmoszból érkezett látogatók bolygónkon vagy a Naprendszer más bolygóján hagytak, abból a megfontolásból indulnak ki, hogy nagyon fejlett civilizációk már megoldották a csillagközi űrrepülés problémáját. Minthogy a találkozás feltételezhetően "rejtélyes" esemény lesz (volt), ezért az alapelv: minden rejtélyes eseményre figyelniük kell, de fennáll az a veszély, hogy minden számunkra ismeretlen és rejtélyes jelenséget "magasabb rendű értelem" következményének tekintünk. A légkörben előforduló, nem azonosított objektumok, nehezen magyarázható régészeti leletek, ősi kultúrák rejtelmes monumentális építményei, ősi irodalmi művek, állandó kísértést jelentenek, túlságosan könnyen magyarázzuk ezeket a földönkívüli lények földi megjelenésével.

1947-ben Kenneth Arnold amerikai magánpilóta beszámolója alapján indult meg a lázas kutatás a "nem azonosított repülő tárgyak" az UFO-k (Unidentified Flying Objects) után. Az "UFO-kutatás" azóta sem ért véget, bár nem tudnak érdemleges választ adni kérdéseinkre: élnek-e értelmes lények a világegyetemben. Az UFO észlelések túlnyomó részében félreismert természeti jelenségekről vagy földi eredetű repülő szerkezetekről van szó. [Dorschner, 1975]

De ne gondoljuk azt, hogy a távoli idegenek lakói éppen korunkban bukkantak fel. Elképzelhető (hangsúlyozom elképzelhető), hogy fejlett civilizációk már a múltban megvizsgálták a Földet.

Erről a legterjedelmesebb "anyagot" Erich von Däniken gyűjtötte össze. A Szahara algériai részében fekvő Tasszili-hegység barlangfestményein szereplő furcsa alakokat Däniken távolról érkezett űrhajósoknak tartja. A palenquei Feliratok Templomának sírkövén, a majáknak ezen az ismert domborművén, egy űrhajó vezérlőpultjánál tartózkodó asztronautát vél látni. Hasonlóképpen értelmez régi japán bronzfigurákat, amelyek esetlen alakja űrutas kozmonautákra emlékeztet. Az óperui kultúra rejtélyes alkotásait, így Sacsayhuaman és Tiahuanaco romjait, Pisco meredek tengerpartján egy 250 m magas háromágú képződményt, a nazcai fennsík sivatagi talaján látható óriási rajzokat stb. olyan alkotásoknak tekinti, amelyeket az "istenek" megbízásából és segítségükkel építettek. Ugyanígy magyarázza Costa Rica nagy kőgolyóit, a hűsvéti-szigeti furcsa kőfejek és más régészeti furcsaságok keletkezését is. Mindezen értelmezésekben Däniken teljesen figyelmen kívül hagyja a régészek véleményét [Däniken, 1995].



Rejtélyesnek tekinthetjük a szibériai Tunguzka-erdôben (1908-ban) földet ért" idegen űrhajót vagy meteoritot is. Az erdô feletti robbanás hangjai és (amely háztetôket tépett le) 100 km-es távolságban is érzékelhetô volt. Napokkal késôbb foszforeszkáló felhôt figyelhettek meg Európa és Észak-Afrika felett. Feltételezhetô, hogy meteorit csapódott be, bár krátert és nagyobb meteorit darabkákat sem találtak. Sôt a becsapódás területén álltak a fák, bár águkat letörte egy lefelé sújtó erô, és a késôbbi expedíciók radioaktív sugárzást észleltek.



38. ábra: Csillagkapu

Akár Däniken feltételezéseibôl kiindulva készülhetett el a Csillagkapu fantasztikus mozifilm (majd késôbb tévésorozat), melyben már az ókorban Egyiptom földjén megjelentek a "gonosz idegenek" és a Földrôl elhurcolt emberekkel népesítették be a Világegyetemet, ezzel teremtve "gazda testeket" további létük fennmaradásához.

A harmadik módszer a világûrben való kutatás az "értelem nyomai" után, azaz megfigyeljük, hogy érkeznek-e a világûrbôl "értelmes" jelek. A cél az, hogy olyan rádió- vagy fényhullámokat fedezzenek fel, amelyeket gondolkodó lények által épített adók sugároznak.

A Kapcsolat címû film alapgondolataként jelenik meg ez a módszer, melyben világûrbôl érkezett értelmes jeleket fogva, az ebben küldött információkat felhasználva próbálják felvenni a kapcsolatot az "idegenekkel".



39. ábra: A Kapcsolat

## SETI

A Földön kívüli élet kutatásának egyik részeként határozható meg a SETI, ami a Search for ExtraTerrestrial Intelligence szavak kezdôbetûibôl összeállított rövidítés, és magyarul a "földön kívüli értelem kutatása" kifejezéssel helyettesíthetô. A SETI-program a csillagászzal és az űrkutatással áll a legszorosabb kapcsolatban. (Fontos megjegyezni, nem az ufológiáról van szó.) A SETI egy józanul átgondolt, racionális tudományos program, amelynek keretében mód nyílik jobb, vagy kevésbé célravezetô eszközöket,



módszereket és stratégiát választani, egyszóval tenni valamit a cél érdekében.

Az esetleges földön kívüli intelligenciák keresése még az 1960-as években nagyszabású, nemzetközi kutatási programmá szerveződött, rendszeres nemzetközi konferenciákkal, a részt vevő kutatók közötti élénk információcserével.

Az SETI-kutatások legalkalmasabb eszközei a rádiótávcsövek, melyek legnagyobbja Puerto Rico szigetén, Arecibóban található. A világ legnagyobb, 305 méter átmérőjű tányérjának látványa sokaknak a *Kapcsolat* című filmből lehet ismerős.



40. ábra: A rádiótávcső

Nem kimondottan SETI-célokra szolgál, de többéves vita után jelenleg SETI-programot is végrehajt, méghozzá a legnagyobb szabásút. Ennek keretében egy-egy célpontot (csillagot) 2-5 percig vizsgálják, és olyan szűk, 100 Hz-nél keskenyebb sávú, monokromatikus jeleket keresnek, amiket a természet - mai tudásunk szerint - nem hoz létre, vagyis feltehetőleg mesterséges eredetűek. Vagyis a mikrohullámú tartomány meglehetősen széles sávját (0,1 mm - 1 m, másként 3000 GHz és 300 MHz közötti frekvencia-tartomány) nagyon aprólékosan kell vizsgálni, méghozzá minden objektum esetén. Felvetődhet a kérdés, hogyan tudják a rengeteg - és egyre növekvő számú - felhasználó munkáját koordinálni. Szerencsére több nagy számítástechnikai cég (SUN Microsystems, Quantum

Corporation) támogatja a projektet, úgyhogy a kezdeti problémák mára megszűntek.

Mi történik, ha földön kívüli intelligenciára utaló jeleket fognak? Ilyenkor ellenőrzik, hogy a jel nem jöhetett-e földi forrásból (általában a műholdak jöhetnek szóba), s ha az eredmény negatív, a jelforrást a Föld különböző pontjain levő obszervatóriumokkal ellenőrzik. Miután minden hibalehetőséget kizártak, értesítik a megfelelő kormányzerveket és sajtót.

A jövőben mindenképpen nagy szerep jut majd a technikai fejlődésnek, amivel javítható a rádiótávcsövek érzékenysége és az adatfeldolgozás teljesítménye (a földi zavaró hatások kiküszöbölése céljából tervezik egy hatalmas rádiótávcső megépítését a holdon is). Mégis, a SETI sikere nem csupán a technológián múlik: egy jó ötlet, egy új keresési stratégia sokkal többet jelenthet az eszközök hatékonyságának sokszoros növekedésénél. Ez a kreativitás és optimizmus jellemzi a SETI-tudósok nemzetközi közösségét.

A SETI at Home (SETI otthon") egy olyan világméretű tudományos program, amelybe bármely Internet-felhasználó bekapcsolódhat - csak le kell töltenie a megfelelő szoftvert. A program telepítése után a hálózatban lévő gép automatikusan rácsatlakozik a Berkeley Egyetem szerverére, ahonnan aztán adatokat tölt le. Az adatokat a program a számítógép szabadidejében", gyakorlatilag a képernyőkímélő üzemmódban dolgozza fel (vagyis automatikusan elindítja a programot, ha nem fut más alkalmazás), majd az eredményt visszaküldi a szerverre.

De milyen adatok is ezek? E világméretű projekt a SETI-program keretei között zajlik. Bár egyre kevesebb észlelési idő áll a kutatók rendelkezésére, így sem képesek az adatokat megfelelő ütemben feldolgozni. Ezért gondoltak a világ számítógépeinek kapacitására, mint potenciális erőforrásra.

Bár eddig nem hozta meg a régóta várt sikert, a SETI számos új csillagászati és technikai felfedezés alapjául szolgált [Almár, 1999].

## **A Találkozás**

Hogyan fogadjuk majd, ha egyszer mégis megjelennek az idegenek?

Szociológusok szerint az ember reakciója arra a hírre, hogy megérkeztek, bizonyos értelemben előre meghatározott. Nagyrészt attól függ, hogy egy adott személy korábban mit hitt, illetve gondolt a

problémáról. Sokan úgy gondolják, hogy a magasabb rendű idegen intelligenciák létezésének hirtelen bizonyítása tömeghisztériához vezetne.

A jelenkorban tapasztalható betegségek, az irracionalitás, a szabadon áradó erőszak mind pusztán ízelítő abból, ami előttünk áll. Kultúránk folyamatos nyugtalanságban szenved; értékei szünet nélkül változnak, és domináns érzéssé fajulnak az általános orientációs zavarok, magukban foglalva egyúttal a leggyengébbeket, a legkevésbé intelligenseket és a legirracionálisabbakat is – akik kétségkívül a társadalom nagy részét alkotják. Az eredmény egy kulturális időzített bomba, ami bármikor felrobbanhat." [Hough, Randles, 1993]

A science-fiction irodalom, film előnye, hogy "hozzászoktatott" a témához.

Fantasztikus filmekben a "Találkozás" az előbb leírtakhoz hasonlóan ábrázolják. Vannak, akik a végső fenyegetésig kitartanak, eufórikus örömmel nyugtázzák az idegenek megjelenését, ez látható a Függetlenség napjában is.

Mások "foggal-körömmel" hadakoznak, és próbálják megakadályozni a kapcsolat felvételt (Kapcsolat), üldözik még a barátságos lényeket is (E.T a földönkívüli).

A tudományos-fantasztikus filmekben eltekintenek az idegen lényekkel történő kapcsolatfelvétel, kommunikáció problémájától, ez azonban csak arra szolgál, hogy gördülékenyebbé váljon a cselekmény, vagyis a történet menetéhez igazodva félreteszik a tudományos logikát. A Star Trekben, vagy a Csillagkapuban stb. bármely világ küldöttével remekül kommunikálnak. Azonban az univerzumban található életet célzó valódi kutatások ezt nem hagyhatják figyelmen kívül.

### *Az idegenek*

Többnyire emberszerűek, de akadnak kivételek is. Ilyenek például a *Testrablók* földönkívülijei is, akik nagyon picik, de agresszíven beköltöznek az emberek testébe. Ez az alaptéma olyan népszerűnek bizonyult, hogy többször is megfilmesítették. A *Parazitában* szintén kis termetű, de ezúttal rájára emlékeztető lény szerepel, ami hihetetlenül mozgékony fark-nyúlványával hatol be a nyakszirten át egészen az agyig, s akarat nélküli bábbá teszi az embert. Ezzel a gondolattal találkozhatunk az *Alien* sorozatban is, ahol

kifejlődésükhöz használják az idegenek az emberi testet.

A *Lényben* az idegenek rádióüzenetben küldenek egy DNS-szekvenciát azzal a javaslattal, hogy ötvözzük azt a miénkkel. Az eredmény egy szépséges leányzó, aki mindenáron szaporodni akar



41. ábra: A lény

A *Függetlenség Napjában* az idegenek el akarnak minket pusztítani (a film tükröt tart elénk, a gonosz idegenek, csak élőhelyet keresnek, mivel előző bolygóikat teljesen "lelakták", mi nem ez csináljuk?), a *Sötét zsarukban* a Föld egy fajta menedékhelyül szolgál más világok üldözötteinek.

A *Csillagok háborúja*-filmek rengeteg idegen fajt vonultatnak fel. Egyikük vuki Csubakka a Millennium Falcon másodpilótája, Han Solo hűséges barátja; Jabba, a hutt viszont intergalaktikus főgengszter, aki minden galádságra képes.



42. ábra: Jabba, a hutt

A földönkívüli lények főleg a tévésorozatokban szaporodtak el (Star Trek), nem kevés dolgot adva ezzel a maszkmestereknek. Igaz, többségük humanoid jellegű, de arcberendezésük finom módosításai tükrözik idegenlény-mivoltukat. A legnépszerűbb idegen kétségtelenül Mr. Spock, az Enterprise csillaghajó félig ember, félig vulkáni tisztje, akinek hegyes fülei utalnak arra, hogy nem egészen ember. A harcias klingonok barázdált homloka, a romulánok összevont szemöldöke, a ferengik android jellegű tarkója fajuk jellegzetessége.

Találkozhatunk a mozivásznon kedves, jóságos lényekkel is, E. T. a mozi nézők mindenkori kis kedvence.

Az idegenek különleges fajtáját jelentik az ufonauták, akikkel a szóbeszéd szerint nemcsak a moziban, hanem a valóságban is lehet találkozni.

A filmbeli idegenek megjelenését illetően elterjedt az a nézet, hogy tulajdonképpen az amerikai kormány kiszivárogtató tevékenységéről van szó, hiszen például a *Harmadik típusú találkozások* tudományos

tanácsadója J. Allen Hynek, a légierő UFO-ügyekkel foglalkozó szakértője volt. Az ebben a moziban felbukkanó idegenek az ún. kis szürkékre emlékeztetnek, míg a *Mars mentőakció* földönkívülije már e faj fejlettebb változatának tűnik [Trethon, 2000].

## Összegzés

Mint az előző néhány oldalon keresztül olvashattuk: mi mindent megteszünk, hogy felfedezzünk új, más, a földitől különböző idegen civilizációkat. De felmerül a következő kérdés: van-e értelme? Kíváncsiak vagyunk-e egy nálunk fejletlenebb életformára, vagy egy nálunk jóval fejlettebb mit "kezdene" velünk?

Mert feltételezhetô, hogy ha léteznek is nincsenek velünk azonos fejlettségi szinten, ezért jó pár filmben azonos fejlettségi szinten felvonultatott különböző lények létezése igencsak megkérdőjelezhetô (*Babylon 5*, *Star Trek*).



43. ábra: Babylon 5 lakosai

Az élet kialakulása általános vélemény szerint viszonylag gyors és természetesnek tűnő folyamat, amely szinte akadálytalan ott, ahol a körülmények alkalmasak, de az élet további fejlődése, magasabb rendű élőlények létrejötte sokkal nehezebb útnak tűnik. Legalábbis erre utal az a tény, hogy a Földön az egysejtű élet ugyan viszonylag hamar létrejött, de további fejlődése soksejtű, bonyolult rendszerekké csaknem három milliárd évig tartott.

Tehát, marad a nyitott kérdés:

- Idegen civilizációk léteznek ugyan, de fejlődésük időben korlátozott; túl messze vannak; érdeklődésük, kitartásuk csökken, majd idővel elhal.
- Idegen civilizációk nem léteznek.

## Összegzés

Fizika tanárként feladatomban tekintem, hogy diákjaimat megismertessem azokkal a jelenségekkel, amelyek megalapozzák a korszerű fizikai szemléletmódjuk kialakulását, és mindez segítse őket a mindennapi életük, valamint a technika által felvetett egyszerűbb kérdések megválaszolásában. Úgy gondolom, el kell érniük,

hogy legyen a tanulóknak igénye az önálló ismeretszerzésre, legyenek képesek alkalmazni a megszerzett tudásukat.

A szakdolgozatomban egy olyan, újnak tekinthető motivációs eszköz lehetséges tanórai felhasználását mutattam be a teljesség igénye nélkül, amely jelenlegi középiskolás generáció érdeklődési köréhez (mozizáshoz, szórakozáshoz) a legközelebb áll.

A dolgozat olyan stílusban íródott, hogy az, középiskolás diákok, laikusok számára is egyaránt érthetően mutatja be azokat a jelenségeket, eszközöket, amelyek a legtöbb embert foglalkoztatnak, de ezek mélyebb tanulmányozására a szakirodalom tudományossága" esetlegesen riasztóan hat. Tapasztalataim alapján kijelenthetem, hogy a dolgozatban szereplő témák a tanulók jelentős részét nagyon érdekeli.

Mint látható, a témáimat tekintve leginkább a csillagászati ismeretek kibővítésére, valamint a sci-fi filmekben előforduló legnagyobb tévedések felfedezésére szorított a dolgozat.

Elképzelhetőnek tartom, hogy órákon, a tanításban helyet kapjon a sci-fi filmek oldaláról való megközelítés. Konkrétan arra gondolok, hogy egyes filmbeli tévelygéseket" használunk fel motivációs eszközként, például:

- *Az utazás a Holdba* című filmben szereplő ágyúcső hosszának kiszámítása (szökési sebesség, erők, gyorsulás),
- a *Terminátor* című film robotja ( emlékező" fémek),
- a filmekben ábrázolt úrjárművek hihetetlen gyorsulásainak, gyors, derékszögű helyváltoztatásainak vizsgálata (légüres térben való mozgás, gyorsulás, centrifugális erő),
- hogyan lehetséges, hogy halljuk az űrben száguldozó úrjárművek, lövések hangját (hang terjedése, hullámok),
- hogyan lehetséges, hogy a *Csillagkapu* című film hősei több milliárdnyi fényévre a Földtől rádióon képesek kommunikálni az itthon maradottakkal" (elektromágneses hullámok terjedési sebessége) stb.
- a *Baljós árnyak* légpárnás járműve (kísérleteinkben is használjuk e technikát)
- a *2001. Űrodisszeia* beszélő, látó gondolkozó, űrhajó komplexumot irányító robotja,
- a *2001. Űrodisszeia*-ban az űrállomáson létrehozott mesterséges" gravitáció (forgó rendszerek, centrifugális - tehetetlenségi - erők)

Mint látható a példák keresésében és felhasználásában a filmek rengeteg lehetőséget biztosítanak, csak ki kell használni.



## Felhasznált irodalom

*A film krónikája Officina Nova, 1996*

- Almár Iván: *A csillagközi űrhajózásról*. Galaktika 1990.
- Almár Iván: *A SETI szépsége*, Vince Kiadó 1999
- Ashpole, Edward: *A Földön kívüli értelem kutatása*, Akadémiai 1992
- Däniken, Erich von: *Idegen civilizációk nyomában* Merényi Könyvkiadó, 1995
- Däniken, Erich von: *Idegenek a világűrben* LAP-ICS Könyvkiadó, 1995
- Dorschner, Johann: *Van-e élet a Földön kívül?*, Gondolat 1975
- Dr. Pintér Ferenc- Dr. Szűcs József: *Anyagszerkezet* Nemzeti Tankönyvkiadó, 1993
- Fercsik János: *A relativitáselmélet szemlélete* Magvető Kiadó, Bp. 1977.
- Goldsmith, Donald: *Nemesis A halálcsillag* Háttér Lap- és Könyvkiadó, Bp. 1990
- Hawking, Stephen W.: *Az idő rövid története*. Mecenás Kiadó. Bp. 1995
- Herrmann, Joachim: *Csillagászat, SH atlasz* Springer-Verlag, Bp. 1992
- Kereszturi Ákos-Sárnecky Krisztián: *Célpont a Föld Meteor* (Csillagászati Évkönyv 2000, Magyar Csillagászati Egyesület, Bp. 1999)
- Kereszturi Ákos-Sárnecky Krisztián: *Kisbolygók a Naprendszer peremén* (Csillagászati Évkönyv 1999, Magyar Csillagászati Egyesület, Bp. 1998)
- Lukács Béla: *Utazások térben, időben és téridőben* Akadémiai Kiadó, Bp. 1990
- Trethon Judit: *A szelenitáktól az Enterprise űrhajóig* (História, 2000/7. XXII. Évfolyam 7. Szám)

Interneten elérhető dokumentumok:

<http://jedlik.phy.bme.hu/physducatation/>

<http://www.mozaik.info.hu/mozaweb/feny/p1425.htm>

<http://www.omikk.hu/omikk/tudomany/gaborden/tudomany/holograf.htm>

<http://www.supernova.hu/htema/marcius/htema.html>

<http://www.omikk.hu/omikk/haromt/hirek/astro/ngc1097.htm>

<http://emc.elte.hu/~ve/95p/veidouta.html>

<http://supernova.akg.hu/htema/htema.html>

<http://www.jate.u-szeged.hu/obs/ismeret/exoboly1.html>

<http://www.jate.u-szeged.hu/obs/ismeret/exo/extrasol.html>

<http://supernova.akg.hu/ujhirek/aprilis/3planet/index.htm>

[http://www.sulinet.hu/cgi-bin/db2www/lm/et\\_tart/](http://www.sulinet.hu/cgi-bin/db2www/lm/et_tart/)

<http://www.pharmachip.hu/zyx/ido/corvus006.htm>

<http://www.origo.hu/tudomany/technika/000614star.html>