

Dr. Szabó József nyá. vezérőrnagy
az MTA doktora

AZ EMBER ÉS A VILÁGŪR, ŪRDINAMIKA

Az emberiség első óvatos lépései a világűrben a fejlődés szükségszerű lépései voltak, amelyek nélkül nehezebb lenne megoldani égető földi problémáinkat is. A szerző izgalmas témájú tanulmányában a világűr meghódításának kezdeti lépéseit és a kísérleteken messze túlnyúló — az ūrdinamikára épülő— eredményeit mutatja be. Egyetemi tanárként az ūrdinamika előadójaként felvázolja az ūrdinamika tantárgy oktatott témakörét.

Kulcsszavak: világűr, ūrdinamika oktatott témakörei

Ret. Major General József Szabó Ph.D.
Doctor Of Hunagrian Academy of Science

Mankind and Cosmos. Space Dynamics

The first careful steps of humankind in the cosmos were essential stages of evolution, without those the solution of emerging problems on earth would be more complicated. In his study of this exciting topic the Author represents the first steps of the conquest of the cosmos and its space dynamic based results that further exceed experiments. As an academic professor of space dynamic, he outlines the taught topics of the subject of space dynamics.

Keywords: cosmos, space dynamics, taught topics of the subject of space dynamics

A homo sapiens, amikor 50 000 éve megjelent, minden bizonnyal már akkor kezdett érdeklődni környezetét iránt, és már akkor, bár sok mindent nem értett, feltűnt neki az égbolt, s kíváncsian kémlelte éjszakánként a csillagos eget, mint ahogy csodálattal töltötte el a Nap és a Hold kelte és nyugta is. Azután egyre fejlettebb agyában egyre több információt tárolt és lassan, mintegy három évezrede kialakult az egyre összefüggőbb és részletesebb világképe. Érdekességként megemlítem, hogy 3000 évvel ezelőtt, a pitagóreusok azt vallották, hogy a Föld gömb alakú. Ezen állításukat nem tudták semmivel igazolni, de abból indultak ki, hogy a Föld a világ közepe, s e kivételes helyzetet elfoglaló test nem ölthet más formát, csak a legtökéletesebbet, vagyis a gömböt. Általánosan elfogadott ebben az időben és még sokáig azonban a tányérforma volt, s természetesen a Föld volt a világ közepe. Az ókor legfejlettebb elképzelése az ún. arisztotelészi világképben öltött testet. A világról alkotott ezen elképzelés, mintegy másfél évezreden át a tudomány végső szava volt, bár tételei túlnyomó többségükben nem fedték a valóságot, s a nézetrendszer nem segítette, sőt gátolta a tudomány haladását.

Mindenesetre Arisztotelész nevével fémjelzett világkép — bár téves elemekre épült — olyan tökéletesen volt egységes elképzeléssé gyúrva, hogy másfél évezreden át tételeit nem tudták megcáfolni. Az Arisztotelész által megfogalmazott világkép lényege az volt, hogy a világ zárt, hierarchikus, s ebben van a Holdon inneni, ún. szublunáris világ, és a Holdon túli, az égitestek és a csillagok világa. Arisztotelész szerint e két világban, pl. a mozgás vonatkozásában, más és más törvények uralkodnak. A Holdon túli világban tökéletes anyag van jelen, az ún. kvintesszencia, amely nem keletkezik és nem szűnik meg.

A mozgás formája ebben a világban — mivel isteni lények mozgásáról van szó — csak a tökéletes körmozgás lehet. A Holdon inneni világban a mozgást három részre osztották: volt az *élőlények mozgása*, amely kaotikus, a *természetes mozgás*, amely szerint a nehéznek lenni, a könnyűnek fenn a helye, s végül a harmadik mozgás a *kényszermozgás*, amelyhez mozgatóerőre van szükség. Ha ez az erő hiányzik, akkor a sebesség nulla. Tagadták a vákuum létezését és azt vallották, hogy az anyag nem atomos, hanem folytonos. Mivel Arisztotelész és követői csak a szemükre hagyatkozhattak, a világképükbe ezt a nézetrendszert építették be.

A 13. századtól jelentek meg azok a tudományos felfedezések, amelyek lassan megcáfolták az arisztotelészi tételeket, s végül Newton tevékenységében csúcsosodtak ki. Ebben az időszakban élt és dolgozott Jean Buridan, az impetuselmélet megalkotója, Giovanni Benedetti, aki igazolta a vákuum létezését, Nimolausz Kopernikusz, akinek munkássága nyomán a világ közepe a Földről a Napra került. A továbbiakban megemlítjük Tycho de Brache nevét, aki udvari csillagász volt, s nagyon pontos megfigyeléseket végzett, s a bolygók mozgását lejegyezte. Őt követte udvari csillagászként Johannes Kepler, aki Brache feljegyzéseit tanulmányozva alkotta meg híres törvényeit. A továbbiakban megemlítjük még Galilei tevékenységét, aki távcsővel vizsgálta az égitesteket, megállapította, hogy a Hold felszíne hasonló a Földéhez, hegyeket fedezett fel s megmérte azok magasságát, továbbá megállapította, hogy a bolygók a Naptól kapják fényüket, míg a csillagoknak saját fényük van, de roppant messze vannak tőlünk. René Descartes megalkotta a mozgástörvények első megfogalmazását, Christian Huygens felfedezte a Szaturnusz gyűrűjét és egyik holdját, valamint az Orion-ködöt. Őket követte Isaac Newton.

Newton fonta egybe a külön futó szálakat, s alkotta meg törvényeit, amelyek végleg lerombolták az arisztotelészi világképet, s helyére állították a newtoni világképet. Az új világkép lényege az alábbiakban foglalható

össze: *A világ erőcentrumokból és hatásukra létrejövő mechanikus mozgásokból áll.* Mennyi tudományos igazság rejlik ebben a rövid mondatban. A Föld forog tengelye körül, közel 150 millió km közepes távolságon kering a Nap körül, s a Nappal együtt mintegy 240 km/s sebességgel kering a Tejútrendszer középpontja körül, és útja során kb. 250 millió év alatt tesz meg egy kört. Ezenkívül még számos mozgásban vesz részt, de ezeket mi nem észlelhetjük, mert e mozgásokat nincs mihez viszonyítani. Más a helyzet az említett két mozgásfajtaival, hiszen a tengelykörüli mozgásra utal a napszakok változása és ismétlődése, a Nap körüli keringésnek pedig az évszakok változását és az évek múlását köszönhetjük. Ezen ismeretek Arisztotelész és tanítványi tudástárából hiányoztak, nem csoda hát, hogy elméletükre előbb-utóbb bukás várt. Newton zseniálisan ismerte fel a már addig megalkotott törvények összefüggéseit, és azokból levont következtetések alapján jutott el az általános törvényekhez. Érdekességként megemlítjük, hogy hogyan vélekedett Newton, a zsenik századának legnagyobb zsenije azokról, akik a külön futó tudományos eredményeket megalkották. Erről a következőket mondja: *„Én messzebbre láthattam, de csak azért, mert óriások vállán álltam.”*

Ma már nyugodtan állíthatjuk, az ürrepülés elmélete nem jöhetett volna létre, ha nincs Newton, s nem jelennek meg mozgástörvényei. Ahhoz, hogy a 19. század végén, s a 20. század első évtizedeiben nem alkothatták volna meg az ürrepülés elméletét, ha nincsenek birtokukban Newton mozgástörvényei. Newton négy, tömeggel rendelkező mozgó testek viselkedésével kapcsolatos törvénye alkotja a klasszikus mechanika alapját. E törvények, az egyetemes tömegvonzás törvényével összekapcsolva lehetővé tették az ürrepülés elméletének megszületését. Newton törvényei: 1. *a tehetetlenség törvénye*; 2. *a dinamika törvénye*; 3. *a hatás-ellenhatás törvénye*; 4. *az erőhatások függetlenségének törvénye*. Tömören meghatározva, e törvények a következőket tartalmazzák:

– A tehetetlenség törvénye: *Minden test megtartja nyugalmi helyzetét vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását, amíg ezt az állapotot egy másik test meg nem változtatja.*

– A dinamika alaptörvénye: *Egy pontszerű test gyorsulása (a) egyenesen arányos a testre ható, a gyorsulással azonos irányú erővel (F), és fordítottan arányos a test tömegével (m).*

– A hatás-ellenhatás törvénye: *Ha egy testre egy másik test erőhatást gyakorol, akkor az erővel szemben mindig fellép egy vele egyenlő nagyságú, de ellenkező irányú erő.*

– Az erőhatások függetlenségének elve: *Ha egy testre egyidejűleg több erő hat, akkor az erőhatások egymást nem zavarva, egymástól függetlenül adódnak össze.*

E törvényeket kísérletek és megfigyelések igazolták, s az orosz Konsztantyin Ciokovszkij, az amerikai Robert Goddard, a francia Robert Esnault-Pelterié, a német Walter Hohmann, Hermann Oberth, Wernher von Braun, a lengyel Ary Sternfeld, a szovjet Szergej Koroljov és sokan mások e törvények alapján dolgozták ki a rakétaelmélet alapjait, valamint az űrrepülés elméletét. Az űrrepülés elmélete a 20. század harmadik évtizedében már ismert volt, de a rakétatechnika fejlődése magát az űrrepülést csak 1957-ben tette lehetővé. Ekkor vált valósággá az évezredes álom: az ember alkotta eszközt a kozmikus térbe, a légkör sűrű rétegei fölé tudták emelni, s olyan sebességre tudták felgyorsítani, amely a pontos pályára állást követően lehetővé tette a Föld körüli keringést. Nem sokkal később már az ember jutott ki a világűrbe, majd az 1960-as évek végén az ember már megjelent a Holdon is.

Mielőtt röviden megvizsgálánk, mit is tett az ember azért, hogy az évezredes álom valósággá váljék, beszéljünk röviden arról, hogy mit keres az ember a világűrbe? E kérdésről már sokan szóltak. Megemlítem pl. Almár Iván könyvét, amelynek címe: *Mi dolgunk a világűrben?*, vagy Oriana Fallaci híres könyvét, amely *Ha meghal a Nap* izgalmas címet viseli. Almár Iván–Galántai Zoltán 2008-ban megjelent könyvének címében talán a legtömörebben jelenik meg az űrrepülés célja és értelme: *Ha jövő, akkor világűr.* Feltehetjük ugyanis a kérdést: Ha az emberi élet a Földön, ezen a csodálatos kék bolygón végveszély elé néz, hová mehet az emberiség? A válasz egyértelmű: csak a világűrbe.

Almár Iván *Mi dolgunk a világűrben* c. könyvének két mottóját idézem. Az egyik Vörösmarty: *Mi dolgunk a világon? küzdeni/Erőnk szerint a legnemesebbért.* A Másik idézet Eugen Sängertől származik, aki 1963-ban írta: *Ha nem éreztünk volna kényszert arra, hogy megkezdjük az űrhajózást, gyermekeink vagy unokáink e lépést megtették volna, talán más objektív okból.”* Almár Iván a bevezetőben — többek között — a következőket mondja: *Arról szeretném tényekkel és nem a tekintély érveivel meggyőzni az olvasót, hogy az emberiség első, óvatos lépései a világűrben a fejlődés szükségszerű lépései voltak, amelyek nélkül nehezebb lenne — esetleg nem is lehetne — megoldani égető földi problémáinkat.*

Célszerű még egy plasztikus példát megemlíteni. Oriana Fallaci, a híres olasz író, aki a Holdra készülő űrhajósok között egy félévet élt, tapasztalatairól írta a *Ha meghal a Nap* c. könyvet. E könyvből idézek: „És

megmondtam neked, nem tudom, pontosan ezekkel a szavakkal-e, én is szeretem a Földet, apám. Ez az otthonom, és szeretem. De az az otthon, amelyből sosem lehet kimenni, nem otthon, hanem börtön; és te magyaráztad nekem mindig, hogy az ember nem arra való, hogy börtönben üljön, arra való, hogy kiszökjön belőle, és még az sem baj, ha kockáztatja, hogy szökés közben megölik. Azt mondtam, ha igaz a mese, hogy az ember a tengerből jött, ahol azelőtt hal volt, akkor a tenger is börtön volt, s örülségnek tűnhetett megszökni belőle. De mégis megszökött, és lassan, türelmesen, fájdalmasan partra küzdötte magát, a levegőre. Nem tudott lélegezni a levegőben, apám. Kopolyúti vizet, vizet, vizet kívántak, és abban a folyadék nélküli űrben ő elmerült, fuldoklott, meghalt. A Föld pokol volt számára, a vakító fény fehér lidércnyomás, amely rátapadt, mint a szívókorong, de lassan, türelmesen, fájdalmasan, újra próbálkozva, ismét meghalva, újra próbálkozva, millió és millió éven át, sikerült nem megfulladnia a levegőben, nem megvakulnia a fehér fényben, nem odatapadnia a parthoz. Megfelelő tüdőt fabrikált magának, és sikerült lélegeznie a levegőben. Megfelelő szemeket fabrikált magának, és bele tudott nézni a levegőbe. Megfelelő lábakat fabrikált, és sikerült elindulnia a Földön. Megfelelő kezeket fabrikált ujjakkal, és sikerült a tárgyakat megragadnia. És így egy napon észrevette, hogy többet is lehet: gondolkodni tud. S mikor gondolkodott, megtudta, hogy ő ember. És annyira tetszett neki az emberlét, hogy emberként feltalálta azt, amit a természet nem talált fel. Ügyesen egymáshoz dörzsölt két követ, és tüzet gyújtott. Darabokra szelt egy fát és megépítette a kereket. Egymáshoz illesztette a tüzet és a kereket, és megépítette a vonatot. A vonaton felfedezte, hogy gyorsan és messzire tud menni. Repülni tud, mint a madarak; megirigyelte a madarakat, ellopta a szárnyukat, ráillesztette a vonatra, és repült. Magasabbra, egyre magasabbra, mígnem megirigyelte a csillagokat, és kezdetleges másolatokat készített róluk, majd azokon száguldott tovább; hogy belásson az ég zárt kapui mögé. De hát az isten szerelmére, ha zárt kaput látsz, nem támad fel benned a vágy, hogy kinyisd és megnézd, mi van mögötte, apám? Az ember története vajon nem a zárt és feltárt ajtók története? ”

Azt hiszem, nehéz lenne tömörebben összefoglalni a földi élet többmilliárd évnyi fejlődéstörténetét, az emberré válás történetét, amely egyben utalás arra, hogy a zárt kapuk kinyitása örök feladat az emberiség számára. Ezért a világűr kutatása törvényszerűen folytatódni fog.

A fenti gondolatokból kiindulva adható válasz azoknak is, akik azt a kérdést teszik fel: mi közünk van nekünk az űrrepüléshez? Erre idézem egyik volt hallgatóm szavait: *Nagyon érdekel a világűr. Méltatlanul kevésnek tartom, ahogy középiskolában oktatnak, s amit megismerhetünk*

erről a nagyon érdekes tárgyról. Ezek az ismeretek az emberiség jelenlegi csúcsteljesítményét takarják, tehát az általános intelligencia részévé kellene tenni.

Ezért választottam az úrdinamika tárgyat. Sokkal több és mélyebb tudás birtokába kerültem. Ha mérnökként dolgozom, bizonyára nem e kérdésekkel foglalkozom majd, de a lehetőség kinyílt előttem ebbe az irányba is. Ez engem megnyugvással tölt el.

Az óra felépítése nagyon jó, kellemes és megkapó az előadásmód. A házi feladatok gondolkodtatóak, segítenek rávilágítani a lényegre. Nagyon örültem a választási lehetőségnek, mert a házi feladatokkal a munkarendemen sem kellett változtatni.

Nagyon üdvözöltem a fegyelem megtartását az órákon (végre egy előadás, amikor csend van és lehet figyelni!).

Tanár úr! Köszönöm, hogy részt vehettem az óráin. Élmény volt Önt is és izgalmas tantárgyát is megismerni.

Úgy gondolom, ezért érdemes tanítani, hiszen egy tanár ennél több elismerést nem kaphat.

Röviden vizsgáljuk még meg, hogy egy *felsőfokú katonai tanintézetben lehet-e szükség az úrdinamika alapjainak elsajátítására?*

– Tudjuk, hogy a ZMNE karain a katonai tantárgyak széles skáláját oktatják. Közöttük vannak olyanok, amelyek ma már nem nélkülözhetik a világűr szolgáltatásait. Köztudott, hogy a felderítés egyik fontos és nélkülözhetetlen tevékenysége a fegyveres erőknek. A nagy haderők vezetése már az 1970-es 80-as évek óta 80-90%-ban a világűrben keringő objektumok segítségével történik. A ZMNE doktori iskolájában lehetőség van számos téma feldolgozására, ilyenek pl.: *Korszerű technológiai eljárások a Magyar Honvédség stacioner hálózatában,*

– Az Internet Protokollon alapuló hálózatok vizsgálata a Magyar Honvédség vezeték nélküli híradásában,

– Információs infrastruktúrák és rendszerek támadása és védelme,
Az információs műveletekben alkalmazott eszközök, rendszerek és eljárások,

– Információs terrorizmus módszerei és eszközei.

– Az elektronikai felderítés korszerű eszközei kutatása és fejlesztése

– A Magyar Honvédség, illetve a védelmi szféra tevékenységét támogató informatikai rendszerek, alkalmazások és eszközök technikai kérdései,

– A Magyar Honvédség és a védelmi szféra informatikai védelmének technikai kérdései.

Ezek mindegyike szoros kapcsolatban van a világgűrrel, de lehetne még számos tárgyat felsorolni, amely ugyancsak kapcsolható az űrdinamikához. A mezőgazdaság termelésbe fogott területeinek nyilvántartása, termelési adatainak ellenőrzése, a térképészeti munkák alapadatainak biztosítása, a távközlés, a helymeghatározás, mind szoros kapcsolatban vannak a világgűrrel. Akkor éreznénk, hogy mit jelent életünkben a világgűr, ha ezek a világgűrben keringő űrobjektumok szolgáltatásai hirtelen megszűnnének. Mindenki emlékszik rá, hogy milyen pánik tört ki, amikor néhány éve, a túl intenzív naptevékenység az űrben keringő objektumok működését megzavarta. Ma már a mindennapok tevékenysége szerves részét képezi az űreszközök használata. A múlt század 60-as éveiben Amerika és Európa között, a tenger fenekén lefektetett kábelek segítségével mintegy hárommillió beszélgetés zajlott. 10-15 évvel később ez a szám, az űrobjektumok jóvoltából 130 millióra nőtt. Ma már megszámlálhatatlan a kontinensek közötti beszélgetések száma, s bizonyára eléri a milliárdos nagyságrendet.

A felderítő mesterséges holdak már az 1970-es 80-as évek óta biztosítják pl. az atomszerződés betartásának ellenőrzését. A két atomnagyhatalom, amikor meghatározott mennyiségű atomrakéta megsemmisítéséről szerződést kötött, a végrehajtást a másik fél a világgűrrel ellenőrizte. Most várhatóan újabb fegyvercsökkentésre kerülhet sor, s az ellenőrzést ismét a világgűrrel fogják megoldani.

A fentiekben vázoltak a világgűrben való mozgás felé fordítja az emberek figyelmét. Mindenkit érdekel a világgűr, érdekli az is, hogy milyen törvényszerűségek határozzák meg pl. az űrbéli mozgást, amelynek lényegét az űrdinamika foglalja össze. Ezért a korábban tárgyalt témakörök mindegyikének alapozó tárgyként jelentkezik az űrdinamika. Könnyebb az űrből kapott információk feldolgozása is, ha tudjuk, milyen körülmények, milyen törvényszerűségek érvényesülése útján jutottunk az adott információkhoz. Ezért nagyon röviden szóljunk e különleges témáról.

Röviden a dinamikáról

A fizikának azon ága, amely az anyagi testek helyzetváltozásra korlátozódó (ill. arra visszavezethető) nyugalmi állapotának és mozgásának törvényeit

kutatja. Galilei–Newton-féle, vagy másként klasszikus mechanikának nevezzük. Beszélhetünk: *elméleti, kísérleti, csillagászati (égi), tiszta és alkalmazott, ill. műszaki mechanikáról*. A mechanika három fő területre tagozódik: *kinematika, dinamika (kinetika), és statika*.

A 20. század nagy felfedezései: a relativitáselmélet és a kvantummechanika. E két tudományterület eredményeként a mikrovilágban (atomok világa) és a fénysebességet közelítő sebességek esetén a mechanika törvényei helyébe a relativitáselmélet (1903), illetve a kvantummechanika (1926), törvényei lépnek. E területeket nem tárgyaljuk részletesen, csak néhány vonatkozására térünk ki, hiszen a relativitáselmélet törvényei csak a fénysebességhez közeli sebességtartományt, vagyis a csillagközi repülést fogja valamikor érinteni. Ma azonban, és a beláthatatlan jövőben e sebességtartománytól még nagyon messze van az emberiség.

A *dinamika (kinetika)* általános értelemben az anyag mozgásának elmélete, amely a makro- és mikrovilág egységesen megfogalmazott mozgástörvényeinek feltárására törekszik. Szűkebb értelemben a mechanikának azon része, amely a mozgásokat az előidéző erők figyelembe vételével tárgyalja. Összefüggéseket hoz létre erő, út és idő között, miközben az erőhatásokat és a hozzájuk tartozó sebességváltozásokat is figyelembe veszi. Kapcsolatban van a mechanika másik két ágával, a statikával és a kinematikával. Az *úrdinamika* a dinamikai törvényekre alapozva, a világűrben való mozgás törvényszerűségeit kutatja.

A magyar terminológiában megjelent az ún. *űrtan* fogalma, amely a világűr kutatásának és hasznosításának tudománya. Megfelel a nemzetközi szakiroda-lomban használt *asztronautikának*, ill. *kozmonautikának*. A kutatással foglalkozó ága az *űrkutató*, ennek eredménye az *űrtudomány*, a műszaki vonatkozású kérdések az *űrtechnika* fogalomkörébe tartoznak. Mindezek összefoglaló megnevezése: *űrtevékenység*. Az *űrtan* összetett diszciplína, szinte minden tudományterülettel kapcsolatban van.

A Naprendszerőről

Földünk, a csodálatos „kék bolygó” a Naprendszer egyik bolygója, amely a szerencse folytán, évmilliárdok elteltével alkalmassá vált az élet hordozására, s mintegy 2,5 millió éve megjelent rajta a főemlős, a homo erectus, majd mintegy 50 ezer éve a homo sapiens, vagyis a bölcs ember. A Naprendszer többi bolygója — ma már köztudott — alkalmatlan az emberi élet hordozására. Lehet kivétel ez alól a Mars, bár ez még kérdéses. A többi bolygó helyzete, természeti viszonyai, illetve a távolabbi bolygók esetében

a szilárd kéreg hiánya nem teszi lehetővé még azt sem, hogy az ember valamikor a bolygókra ellátogasson.

A Föld tehát az ember szülőhelye, s itt éli életét, és ma már a Föld körüli térségben űrutazásokat tegey. A Naprendszer méreteit tekintve hatalmas képződmény, bár a ma már többé-kevésbé ismert Tejútrendszerben csupán aprócska képződmény, amely a maga a hatásszféráját véve alapul, közel két fényévnnyi méretével eltörpül a galaxisunk 120-130 ezer fényévnnyi átmérője mellett, hiszen a mi tágabb világunk galaxisunknak csak 1/65 000-ed része. És mégis, a földi méretekhez szokott ember számára roppant nagy a mi Naprendszerünk is.

Ha képet akarunk kapni a Naprendszer méreteiről, akkor képzeljük el, hogy a fény, amely — ha körbe lehetne futtatni — egyetlen másodperc alatt 7,5-szer kerülne meg a Földet, a Nap hatásszférájának a határáig 11,6 hónap alatt ér el. Ez a távolság 60 ezerszerese a Nap–Föld távolságnak. Tudjuk, hogy az USA, 1977-ben elindított két űrszondát a közeli csillagok felé. A két Voyager szonda 30 év alatt mintegy 100 csillagászati egységnyi (CSE) távolságra jutott. Ha ezzel az átlagsebességgel számolunk (bár a két Voyager fokozatosan csökkenő sebességgel halad), akkor a Nap hatásszférájának a határára 18 000 év múlva érnek ki. Ez tehát azt jelenti, hogy a mai eszközeinkkel még a távolabbi bolygók megközelítése is nehézségekbe ütközik, s a csillagközi utazás ma még csak álom. Ezért az emberes űrutazás ma még csak a Föld körüli és majd a közeljövőben, néhány évtizeden belül, a Mars körüli térségre korlátozódik. A roppant távolságok megtételéhez ma még nem állnak rendelkezésünkre megfelelő rakétaeszközök. A rakétatechnika mai fejlettségi fokán csak a világűr közeli térségeinek, a Naprendszer ismert, a bolygókat magában foglaló térség kutatható részének elérését teszi lehetővé, ahová az oda-vissza út maximum 15-20 évet vesz igénybe. Ha pl. a Naprendszer hatásszférájának a határáig kívánnánk eljutni, az utazás — a mai lehetőségeket figyelembe véve — mintegy 20 000 évig tartana. Ez érthető, hiszen oda a napfény is 11,6 hónapig „utazik”.

Az űrrepülés természetesen folytatódik, s az emberiség — ahogy lehetőségei engedik — egyre távolabb hatol be a világmindenségbe. Ezért is igaz, amit *Almár Iván* és *Galántai Zoltán* könyvük címében megfogalmaztak: „*Ha jövő, akkor világűr*”

A fentiek ismerete után tekintsük át röviden az űrdinamika tantárgy óravázlatát. A féléves program keretében, általában 28-30 óra leadására kerülhet sor. Ezen óramennyiség alatt a hallgatókkal az alábbi témaköröket dolgozzuk fel:

- Az emberiség történetének első, átfogó világképe, az arisztotelészi geocentrikus világkép, és annak tagadása;
- Az arisztotelészi világkép 1,5 évezredes egyeduralma, majd lépésről lépésre való lebontása;
- A newtoni heliocentrikus világkép kialakulása;
- Newton törvényei és azokra alapozva, az űrrepülés elméletének megszületése (*Ciolkovszkij, Goddard, Cander, E. Pelterie, W. Hohmann, H. Oberth, A. Sternfeld, W. von Braun, Sz. Koroljov* elméleti és gyakorlati tevékenységének ismertetése);
- Az űrhajózás hajtóműve a rakéta, a rakétaelmélet megszületése, gyakorlati kísérletek, majd a V–2 (1944) és az ICBM megjelenése az 1950-es években;
- Az űrrepülés dinamikája, repülés az égitestek vonzaskörzetében, az űrrepülés sajátos velejáráói, különös tekintettel a súlytalanságra;
- Az egyetemes tömegvonzás és a gravitációs állandó, valamint az égitestek gravitációs mutatója segítségével megoldható űrdinamikai feladatok;
- A kozmikus sebességek, a három kozmikus sebesség, a jellemző sebességek fizikai háttere;
- A hangsebesség és a Mach-szám fizikai háttere, továbbá a nagy sebességű testek (a Földre visszatérő űrobjektumok) felmelegedése a légkörben;
- A gyorsulás és a terhelési többes (túlterhelés) problémái;
- Űrobjektumok Föld körüli pályára juttatása, manőverek a világűrben és az űrobjektumok összekapcsolása;
- A Szozjuz-, az Apolló-program, az ember Holdra juttatása, a Space Shuttle és az Enyergia–Burán program lényeges momentumai, űrállomások (Szaljut, Mír, Skylab, Nemzetközi Űrállomás);
- A Föld hatássférája elhagyásának fizikai feltételei, repülés a bolygóközi térben, repülés a Naprendszer bolygóira (Mars- és Vénusz-utazás részletes megismerése);
- Az űrobjektumok visszatérése a világűrből, a sűrű légrétegeken való áthaladás problémái;
- Az űrrepülés biztonsági problémái, az űrvállalkozások elemzése, balesetek az űrrepülések során, a Challenger- és legutóbb a Columbia-katasztrófa okainak elemzése, a jelentősebb balesetek okainak rövid áttekintése;
- Értelmes élet kutatása a Tejútrendszerben, UFO, ill értelmes lények „látogatása”(?) a Földön;
- Magyarország és az űrkutatás, az e téren eddig elért fontosabb eredményeink, távlatok;
- A gazdaság és a világűr kapcsolata;

- A haderők és a világűr kapcsolata;
- A csillagközi repülések problémái és a relativitáselmélet.

A 20 témakörből álló féléves előadássorozat megfelelő tudás megszerzését biztosítja ahhoz, hogy a hallgatókhoz közelebb kerüljenek a világűrben való mozgás törvényszerűségei, megismerjék annak lényegét, s a világűrrel kapcsolatos szaktárgyak jobb megértéséhez megfelelő alapokkal rendelkezzenek.