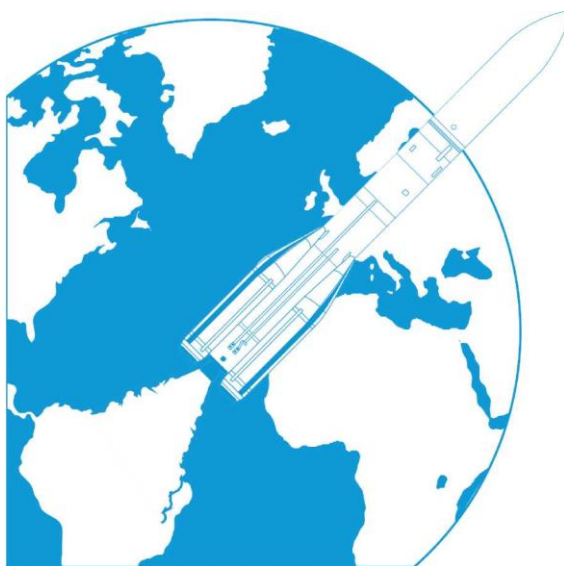


tanítsunk a világűrrel!

→ 3...2...1 KILÖVÉS!

Készítsünk papírrakétát!



tanári útmutató és tanulói munkalapok

Szerzői jogok 2019 © Európai Űrügynökség

European Space Education Resource Office (ESERO)

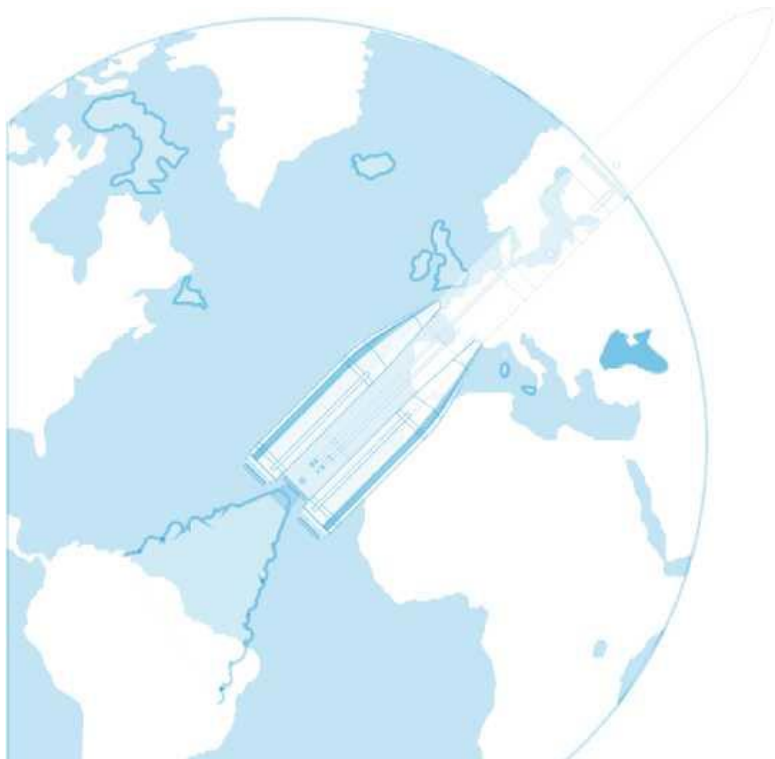
Az Európai Űrügynökség (ESA) oktatási programja
az Európai Űrügynökség Oktatási Erőforrás Iroda (ESERO)
az Egyesült Királysággal együttműködésben

Székely Balázs egyetemi docens

Timár Gábor egyetemi tanár

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Geofizikai és Űrtudományi Tanszék





Tanári útmutató	
Alapadatok	3. oldal
1. tevékenység: Készítsünk papírrakétát!	6. oldal
2. tevékenység: Kilövésre felkészülni!	8. oldal
3. tevékenység: Ember a fedélzeten	13. oldal
Tanulói munkalap	14. oldal
Linkek	24. oldal
1. melléklet	25. oldal
2. melléklet	26. oldal
3. melléklet	27. oldal
4. melléklet	28. oldal

tanítsunk a világűrrel! - kilövés! | P17

www.esa.int/education

Az Európai Űrügynökség (ESA) Oktatási Irodája örömmel fogadja a visszajelzéseket és észrevételeket

teachers@esa.int

Az Európai Űrügynökség Oktatási Erőforrás Iroda (ESERO) Nordic és Lengyelország által kifejlesztett oktatási koncepció

Készült az Európai Űrügynökség oktatási programja keretében

Szerzői jogok 2019 © Európai Űrügynökség

3...2...1 KILÖVÉS!

Készítsünk papírrakétát!

Alapadatok

Tantárgy: fizika Korosztály: 14-16 év

Típus: tanulói tevékenység

Nehézségi fok: közepes Tanítási idő: 2 óra

Költség: alacsony (5-10 euró)

Helyszín: tanterem és szabadtéri

Eszközök: saját építésű rakétakilövő rendszer (lásd 1. és 2. melléklet)

Kulcsszavak: fizika, rakéták, parabola alakú röppálya (ferde hajítás), aerodinamika, tömegközéppont, nyomásközéppont, szökési sebesség, első kozmikus sebesség (körsebesség), sebesség, gyorsulás

Oktatási célok

- Megismerkedünk a tömegközéppont és a nyomásközéppont fogalmával.
- Tanulmányozzuk a parabola alakú röppályát és a görbéket.
- Gyakoroljuk a sebesség és a gyorsulás kiszámítását.
- Megértjük az erők működését.
- Fejlesztjük a tudományos gondolkodást és a csapatmunkára való képességet.

Rövid ismertetés

Ebben a három tevékenységből álló sorozatban a tanulók megtervezik és megépítik saját papírrakétáikat, majd kilövik őket. Megtanulják, mitől lesz stabil a rakéta, és kiszámítják a röppályáját és a sebességét. Megtudják, mekkora sebességre van szüksége egy rakétának ahhoz, hogy elhagyja a Földet, és miért válhat a Hold további űrkutatási kezdeményezések kiindulópontjává. Végül kiszámítják a rakétájuk gyorsulását kilövésakor és összefüggésbe hozzák az űrhajósok által kilövésakor tapasztalt G-erővel.

^ A tevékenységek összefoglalása

A tevékenységek összefoglalása					
	Cím	Leírás	Eredmény	Szükséges előzmények	Időtartam
1	Készítsünk papírrakétát!	A tanulók megterveznek és megépítenek egy papírrakétát.	Megismerkednek a rakétákkal, az aerodinamikával, a tömegközéppont és nyomásközéppont fogalmával, és megtanulják, mitől lesz stabil egy rakéta.	Nincs	30 perc
2	Kilövésre felkészülni!	A tanulók kilövik a rakétát, kiszámítják az indítási sebességet a kilövőállás elhagyásakor, és ezt összefüggésbe hozzák a Föld és a Hold elhagyásához szükséges szökési sebességgel.	Tanulnak az erőkről, a parabola alakú röppályáról, a sebességről és a szökési sebességről.	Az 1. tevékenység elvégzése. Rakétakilövő rendszer (az 1. vagy a 2. mellékletből). A kilövést nyitott térben, lehetőség szerint a szabadban kell elvégezni.	45 perc
3	Ember a fedélzeten	A tanulók kiszámolják a papírrakéta gyorsulását kilövéskor, és összefüggésbe hozzák az űrhajósok által tapasztalt G-erővel.	Tanulmányozzák a gyorsulást és a G-erőt.	A 2. tevékenység elvégzése	45 perc

^ Bevezetés

Az űrügynökségek rendszeresen használnak rakétákat: ezekkel szállítják az űrhajósokat a Nemzetközi Űrállomásra (ISS), szondákat a Naprendszerünk felfedezésére, és műholdakat állítanak velük Föld körüli pályára. A rakéták mérete, kialakítása és a felhasznált üzemanyag típusa a céljuktól függően változik.

Az Európai Űrügynökség hordozórakétacsaládjának tagjai a Vega, a Vega-C és az Ariane 5, valamint egy, a műholdas küldetések és szondák indítására nemrégiben kifejlesztett új, hatékonyabb rakéta, az Ariane 6, amelynek két változata az Ariane 62 és az Ariane 64. Ezek a hordozórakéták űreszközök széles skáláját képesek az űrbe juttatni a kommunikációs műholdaktól kezdve a Naprendszer-küldetésekig. Nagy teljesítményű hajtóműveik biztosítják a Föld gravitációjából való kilépéshez szükséges energiát.

Vega Vega-C Ariane 5 ECA Ariane 62 Ariane 64



Az Európai Űrügynökség hordozórakéta-családjá.

^ Bevezetés

Az Európai Űrügynökség a rakétáit a dél-amerikai Francia Guyanában található űrrepülőtérrel indítja, amely mindössze 500 km-re fekszik az Egyenlítőtől északra. A Föld forgása az Egyenlítőnél a leggyorsabb. A rakéták ki tudják használni ezt a „csúzli” hatást, amely 460 m/s-mal növeli meg a sebességüket, ennek köszönhetően pedig üzemanyag és pénz takarítható meg. A helyszín a geostacionárius transzfer pályára történő állításokhoz is ideális, mert így a műhold pályáján csak kevés változtatást kell végrehajtani. Az indítási helyszínek kiválasztásánál biztonsági szempontokat is figyelembe vesznek. Francia Guyana gyéren lakott terület, az ország 90%-át trópusi esőerdők borítják, ráadásul nincs ciklon- vagy földrengésveszély. Mindezek a tényezők optimális kilövési helyszínné teszik.



2. ábra

Egy emberes küldetésnek a Holdra jutáshoz nagy teljesítményű rakétára van szüksége az indulásnál. A valaha indított egyik legerősebb rakéta a Saturn V, amely a 60-as és 70-es években az Apollo-program részeként szállított űrhajósokat a Holdra. Azóta nem járt ember a Holdon.

A NASA Orion nevű űrhajóját és annak az Európai Űrügynökség által kifejlesztett műszaki hajtómű egységét (European Service Modul) már új generációs rakétákkal indították, amelyek lehetővé teszik, hogy az űrhajósok még messzebbre jussanak az űrben, a Holdon túl az aszteroidákig, sőt akár a Marsig is.

A tevékenység során a tanulók rakétatudósokká avanzsálva megtervezik és elindítják saját rakétájukat. Irány a Hold!

Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij

73 nyelv

Szócikk Vitalap

Olvasás Szerkesztés Laptörténet Eszközök

A Wikipédiából, a szabad enciklopédiából

Ellenőrzött

Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij (oroszul: *Константин Эдуардович Циолковский*) (Izsevszkoje, 1857. szeptember 17. (julián naptár szerint: szeptember 5.) – Kaluga, 1935. szeptember 19.) orosz származású szovjet tudós, a modern **rakétechnika** és **űrkutatás** elméleti megalapozója. Munkásságát egy saját maga által emlegetett mondat határozza meg legjobban: *„A Föld az emberiség bölcsője, de nem maradhatunk örökké bölcsőben. Az emberiség nem is marad örökké a Földön, hanem fényre és térségre vágyva előbb félszegen behatol a légkörön túli térségbe, aztán pedig meghódítja a csillagok világát”*.

Élete [szerkesztés]

Oroszország **Rjazanyi kormányzóságában**, Izsevszkoje faluban született, jómódú – apai ágon lengyel, anyai ágon tatár eredetű – nemesi származású családban. Kilencévesen **skarlátbetegséget** kapott, ami egész életét meghatározta. A skarlát miatt szinte teljesen **megsüketült**, ami miatt társai kicsúfolták, kirekesztették. A magányos fiú a könyvekhez menekült. Tanulmányait magánúton végezte, és érdeklődése a **fizika** és a **matematika** felé fordult. Tizenhat évesen került **Moszkvába** és egy saját maga által készített bádóg hallókürttel járt egyetemre, ahol matematikatanári diplomát szerzett 1879-ben. A tanári

Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij



Született 1857. szeptember 17.

≡ Ciolkovszkij-egyenlet

29 nyelv

Szócikk **Vitalap**

Olvasás Szerkesztés Laptörténet Eszközök

A Wikipédiából, a szabad enciklopédiából

☒ Ellenőrzött

A **Ciolkovszkij-egyenlet** az idealizált rakéta mozgását írja le. Nevét [Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij](#) orosz kutatóról kapta, aki munkássága során sokat foglalkozott az űrutazással, és ő alapozta meg tudományosan a többlépcsős **rakéták** elméletét is.

Ciolkovszkij rakéta-egyenlete idealizált **gravitáció** és **légellenállás** nélküli (**vákuum**) esetre:

$$v(t) = v_g \cdot \ln\left(\frac{m_0}{m(t)}\right)$$

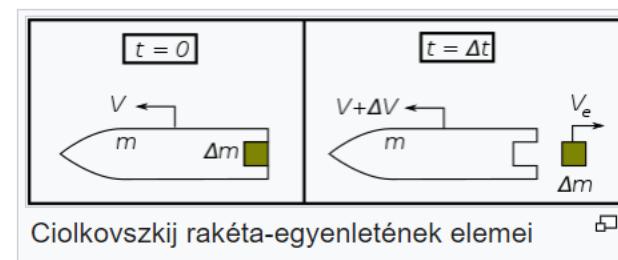
Ahol:

v a rakéta sebessége a t időpillanatban,

v_g a rakétát elhagyó gázszugár sebessége a rakétához képest (jellemző érték kémiai hajtóanyag esetén: 4,5 km/s),

m_0 a rakéta induló tömege és

m a rakéta tömege az indulástól számított t idő múlva.



Az egyenlet levezetése [\[szerkesztés \]](#)

Wernher von Braun

84 nyelv

Szócikk Vitalap

Olvasás Szerkesztés Laptörténet Eszközök

A Wikipédiából, a szabad enciklopédiából

★ Ellenőrzött

Wernher Magnus Maximilian Freiherr von Braun (Wirsitz, Német Birodalom, 1912. március 23. – Alexandria, Virginia, USA, 1977. június 16.) német tudós, a rakétatudomány és az űrrepülés kiemelkedő alakja. A második világháború előtt és alatt a Harmadik Birodalom rakéta programjának, a megtorlófegyverek (Vergeltungswaffe) fejlesztésének,^[15] majd 1945-től az Egyesült Államok rakéta- és űrrepülési programjának egyik vezetője volt. Az Egyesült Államokban az űrprogram és a holdra szállás megvalósításának kulcsfigurájaként tartják számon.

Wernher von Braun a rakéták elméleti atyja, az orosz Konsztantyin Ciolkovszkij elgondolásait és az amerikai Robert Goddard publikus elméleti kutatásait továbbfejlesztve, a folyékony hajtóanyagú rakétákban találta meg a leghatékonyabb megoldást a rakétarepülésre. Munkássága a világűr meghódítását célozta, ám kezdetben a rakétafegyverek fejlesztésére volt lehetősége. Karrierjének kezdete egybeesik Adolf Hitler nemzetiszocialista rezsimjének időszakával, amelyben állami katonai monopóliummá tették a rakétafejlesztést, így az ezzel foglalkozó tudósok saját hazájában csak a hadiipar adhatott lehetőséget a munkára. 1934–1944 között kifejlesztette az Aggregat rakétasorozatot (az A–1, A–2, A–3 és A–4 rakétákat), amelyek közül az A–4 vált szériaéretté, ennek nevét Hitler V–2-re (Vergeltungswaffe–2 –

Wernher von Braun



1964 májusában a Marshall Space Flight Center-beli íróasztalánál (Huntsville, Alabama) a kifejlesztett és a készülő modellek makettjével

Hermann Oberth

50 nyelv

Szócikk [Vitalap](#)

[Olvasás](#) [Szerkesztés](#) [Laptörténet](#) [Eszközök](#)

A Wikipédiából, a szabad enciklopédiából

☒ **Ellenőrzött**

Hermann Oberth ([Nagyszeben](#), 1894. június 25. – [Nürnberg](#), 1989. december 28.) erdélyi szász származású német fizikus, az űrkutatás egyik úttörője.

Élete és pályafutása [\[szerkesztés \]](#)

Szülei Julius Oberth sebészorvos és Valerie, [Friedrich Krasser](#) lánya voltak. Kétéves kora körül a család [Segesvárra](#) költözött, itt járt az ifjú Hermann gimnáziumba. 11 éves kora körül Oberthet annyira lenyűgözte [Jules Verne Utazás a Holdba](#) című regénye, hogy szinte kívülről megtanulta. 14 éves diákként Verne hatására megépítette az első rakétamodelljét. Fiatalkori kísérletei során önállóan jutott el a [többlepcsős rakéta](#) elvéhez, de ebben az időben hiányoztak az eszközei az ötlet kidolgozásához, így csak elméletben foglalkozott vele.

1912-től Oberth orvosi tanulmányokat folytatott a [müncheni egyetem](#) orvosi karán, majd az [első világháborúban](#) katonaorvosként vett részt. Később azt mondta, hogy a legfontosabb dolog, amit megértett ebből a tapasztalatból az volt, hogy nem akar orvos lenni. A háború után [Németországban](#) maradt – szülővárosa ekkor már [Romániához](#) tartozott – és folytatta egyetemi tanulmányait, de ezúttal már a [fizika](#) területén. 1917-ben kidolgozta egy 25 méter magas, [etil-alkohollal](#) hajtott [ballisztikus rakéta](#) tervét, amelyet soha nem építettek meg és a terv sem maradt fenn. 1919 tavaszától matematikát, fizikát és kémiát tanult, előbb a

Hermann Oberth



Hermann Oberth 1961-ben

Életrajzi adatok

Született 1894. június 25.
[Nagyszeben](#)

Reset 100 % 13:36

61%

HUN 13:36

文A 70 nyelv

Olvasás Szerkesztés Laptörténet Eszközök ▾

✓ Ellenőrzött

**Szergej Pavlovics
Koroljov**



Élete [szerkesztés]

Fiatalkora [szerkesztés]

Robert H. Goddard

72 languages

Article Talk Read Edit View history Tools


From Wikipedia, the free encyclopedia
(Redirected from [Robert Goddard](#))

For other people with the name Robert Goddard, see [Robert Goddard \(disambiguation\)](#).

Robert Hutchings Goddard (October 5, 1882 – August 10, 1945)^[1] was an American [engineer](#), [professor](#), [physicist](#), and [inventor](#) who is credited with creating and building the world's first [liquid-fueled rocket](#), which was successfully launched on March 16, 1926.^[2] By 1915 his pioneering work had dramatically improved the efficiency of the [solid-fueled](#) rocket, signaling the era of the modern rocket and innovation. He and his team launched 34 rockets between 1926 and 1941, achieving altitudes as high as 2.6 km (1.6 mi) and speeds as fast as 885 km/h (550 mph).^[3]

Goddard's work as both theorist and engineer anticipated many of the developments that would make spaceflight possible.^[4] He has been called the man who ushered in the [Space Age](#).^{[5]:xiii} Two of Goddard's 214 patented inventions, a multi-stage rocket (1914), and a liquid-fuel rocket (1914), were important milestones toward spaceflight.^[6] His 1919 [monograph](#) *A Method of Reaching Extreme Altitudes* is considered one of the classic texts of 20th-century rocket science.^{[7][8]} Goddard successfully pioneered modern methods such as [two-axis control](#) ([gyroscopes](#) and [steerable thrust](#)) to allow rockets to control their flight effectively

Robert H. Goddard



Born October 5, 1882^[1]
Worcester, Massachusetts,
U.S.

majd 1939-ben az osztály az *RNII*-ből kiválva ~ vezetésével önálló szerkesztőcsoporttá, 1941-től kísérleti-szerkesztő irodává alakult (*GDL-OKB*). – A világban elsőként foglalkozott a plazmarakéták kialakításával. Az *ORM* folyékony hajtóanyagú rakéták, a *GG* gázgenerátorok és az *RD* repülőgép-rakétahajtóművek főkonstruktőre.



V. Glusko

GMS (ang. Geostationary Meteorological Satellite 'geostacionárius meteorológiai hold'): az első globális GARP-kísérlet (~ *FGGE*) keretében indított japán, geostacionárius, meteorológiai hold (l. az ábrát). Nagy felbontású felhőképeket (látható és infravörös tartományban) továbbít, sugárzásméréseket végez, számlálja a Napból érkező töltött részecskéket, mérési adatokat gyűjt automata meteorológiai állomásokról, valamint időjárási adatokat és térképeket közvetít facsimile adás keretében (~ *WEFAX*). – A ~-et *Himawari* névvel 1977-ben *Delta* hordozórakétával állította geostacionárius pályára a *NASA* a 140° K-i hosszúság fölé. Az 1,9 m átmérőjű, 3 m hosszú, 281 kg tömegű hold tagja a nyugat-európai *METEOSAT* és az amerikai ~ *GOES* holdakból létrehozott globális meteorológiai hálózathoz.

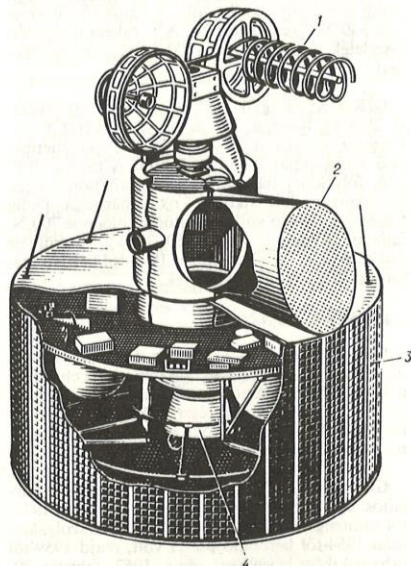
GMT (ang. Greenwich Mean Time 'greenwichi középidej'): a nyugat-európai zónaidő, amely megegyezik a greenwichi nullameridiánhoz tartozó helyi középnapidővel. Az ~ *IAU* javasolta a GMT jelölés helyett a *világidő* elnevezés, ill. *UT* jelölés használatát (~ *időrendszer*). A Magyarországon használt közép-európai zónaidő 1 órával (nyári időszámítás idején 2 órával) több, mint a ~, azaz a világidő.

Goddard, Robert Hutchings (1882–1945): amerikai tudós, a korszerű rakétechnika úttörője, a Clark Egyetemen (Worcester, Massachusetts) a matematika-fizika professzora (1. ábra). Az űrhajózás megvalósíthatóságának kérdése már korán foglalkoztatta; első elképzeléseit egy 1907-ben írt, kéziratban maradt cikke: *On the Possibility of Navigating Interplanetary Space* (A bolygóközi űrrepülés lehetőségéről) foglalja össze. – Rakéta-

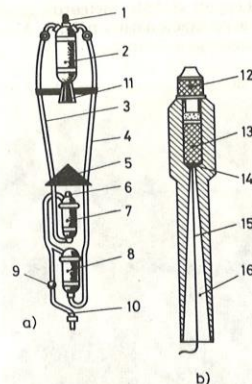


1. ábra
R. Goddard

technikai elméleti vizsgálatait és kísérleteit 1912-től végezte. Már kutatásai első szakaszában bebizonyította, hogy nagy magasságok, valamint a szökési sebesség elérésére csakis a rakéták alkalmasak. 1914-ben egy több lépcsős rakétára amerikai szabadalmat kapott; 1915-ben elsőként igazolta kísérletileg, hogy a rakéta légüres térben is termel tolóerőt. 1915–20 között széles körű vizsgálá-



A *GMS-1* (*Himawari*)
japán fejlesztésű meteorológiai hold
1 – kompenzációs forgatórendszerrel ellátott antennegység; 2 – sugárzásmérő; 3 – napelemek; 4 – szilárd hajtóanyagú korrekciós hajtómű



2. ábra
Goddard folyékony hajtóanyagú, fordított felépítésű kísérleti rakétája (a) és szilárd töltetű rakétája (b)

1 – gyújtófej; 2 – égőkamra; 3 – oxidálóanyag-vezeték; 4 – tüzelőanyag-vezeték; 5 – lángterelő pajzs; 6 – túlnyomás-szabályozó szelep; 7 – oxidálóanyag-tartály; 9 – visszacsapó szelep; 10 – nyomógázvezeték; 11, 16 – fűvécso; 12 – zárófej; 13 – nyomást létrehozó töltet; 14 – gyújtókap-szula; 15 – gyújtódórt

tokat végzett szilárd hajtóanyagú rakétákkal; az USA hadba lépése (1917) után katonai rakéták fejlesztésével is foglalkozott. E munkája során olyan fegyvert alakított ki, amely negyedszázaddal később az amerikai páncéltörő rakéta (bazooka) alapjául szolgált. Rakétakutatási eredményeit *A Method of Reaching Extreme Altitudes* (Mód-szer különösen nagy magasságok elérésére) c., 1919-ben megjelent művében közölte. – A folyékony hajtóanyagú rakéták (2. ábra) megépítésére 1920-tól végzett kísérleteket; első sikeres próbapadi kísérletét 1922-ben hajtotta végre, majd 1926-ban a világon elsőként röptetett fel ilyen rakétát (3. ábra). 1932-ben ő alkalmazott a rakétán először pörgettyűs stabilizálást és sugárkormányt, 1935-ben ugyancsak elsőként ért el rakétájával hangsebességnél nagyobb sebességet. 1936-ban jelent meg nagy fontosságú műve: *Liquid-propellant Rocket Development* (Folyékony hajtóanyagú rakéták fejlesztése). Ionrakéták kialakítására is folytatott kísérleteket. A II. világháború idején (1942–45) az amerikai haditengerészet kutatási igazgatója volt. Ez idő tájt főképpen repülőgép-starttrakéták és változtatható tolóerejű, folyékony hajtóanyagú rakéták fejlesztésével foglalkozott. – Az USA Kongresszusa 1959-ben ~ emlékére ki-tüntetést érmet alapított. Ugyancsak ~ nevét őrzi a *NASA* greenbelti (Maryland) űrrepülési központja (~ *Space Flight Center*), valamint a Hold túlsó oldalának egyik krátere.



3. ábra
Goddard egyik folyékony hajtóanyagú kísérleti rakétája

Goddard Space Flight Center, Goddard Űrrepülési Központ: ~ *GSFC* és ~ *NASA*

GOES (ang. Geostationary Operational Environmental Satellite 'geostacionárius operatív környezeti műhold'): az Egyesült Államok első sorban meteorológiai céllal létesített operatív geostacionárius műholdsorozata. A sorozat első két tagja az *SMS* (Synchronous Meteorological Satellite) elnevezést kapta. 1974–80 között öt ilyen típusú holdat bocsátottak fel. Az első ~ jelű hold 1975-ben, a második 1977-ben, a harmadik 1978-ban került pályára. Funkciói közé tartozik: felhőképek továbbítása (látható és infravörös tartományban, a műhold alatti pontban 1, ill. 7 km-es felbontással), energiárészecskék, mágneses mező, Nap sugárzásának mérése, a légkör függőleges hőmérsékleti szondázása, adatgyűjtés automata állomásokról (ballonok, bóják stb. – 1. ábra), valamint meteorológiai térképek, műholdról készült felhőképek facsimile sugárzása a washingtoni

V-2

58 nyelv

Szócikk Vitalap

Olvasás Szerkesztés Laptörténet Eszközök

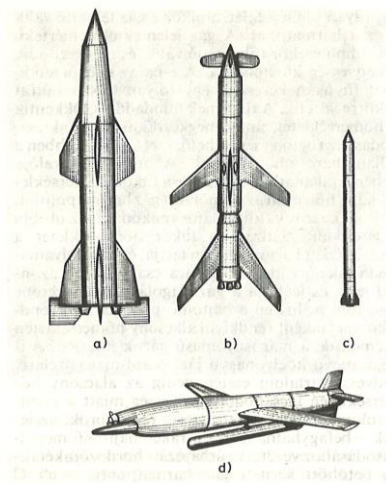
A Wikipédiából, a szabad enciklopédiából

Ellenőrzött

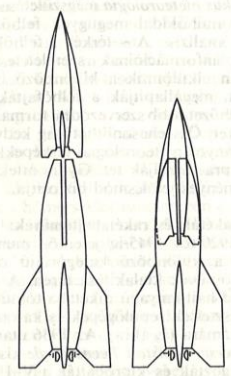
A **V-2** (ejtsd: *fau-kettő*, a német *Vergeltungswaffe-2* kifejezés rövidítése, magyar jelentése kb. „a megtorlás fegyvere”) a második világháború idején a Harmadik Birodalomban kifejlesztett egyfokozatú, folyékony hajtóanyagú ballisztikus rakéta. A háború során Nagy-Britannia és Belgium ellen vetették be. A háború befejezését követően mind a Szovjetunió, mind az Egyesült Államok a V-2 rakétákat és a német szakembereket használta fel saját rakétaprogramjához. A V-2 rakéta volt az első ember alkotta eszköz, ami nem a világűr elérése céljából, de kilépett a világűrbe.

Története

A folyékony hajtóanyagú rakéta használatának elveit Konsztantyin Ciolkovszkij orosz tudós írta le először, Robert Goddard amerikai rakétakutató pedig elsőként indított ilyen eszközt. Európában Németország volt a rakétakutatások őshazája. 1927-ben az Űrutazási Társaság (VfR – Verein für Raumschiffahrt) tagjai kezdtek kísérleti rakéta építésébe. Köztük volt egy fiatal mérnökhallgató, Wernher von Braun is. Braun hamar a csoport vezetője lett nagyszerű szervezőképességének és a rakéták irányítórendszerének zseniális kidolgozásának köszönhetően.



1. ábra
Német rakétatípusok 1940–1945 között
a – Wasserfall légvédelmi (1943); b – Rheintochter harcászati ballisztikus (1944); c – Taifun-F légvédelmi (1944); d – Schmetterling légvédelmi, levegő–föld (1944)

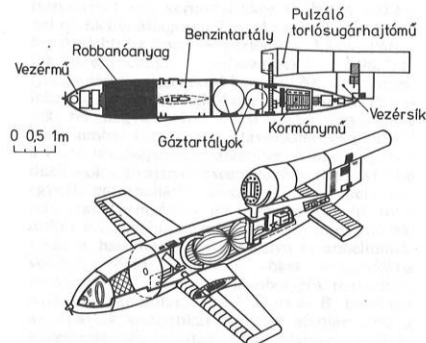


2. ábra
Az 1942-től tervezett, 1945-ben részben kipróbált német A-9/A-10 interkontinentális rakéta vázlata

A Wasserfall rakéta (3. ábra) hajtóműve nyomógázos táprendszerű, tolóereje 78,45 kN, égésideje 40 s. A Me-163B rakéta-vadászgép számára készített Walter HWK hajtómű tolóereje 16,67 kN, égésideje 270 s, tömege 177 kg.

V

V-1 (ném. Vergeltungswaffe-1 'megtorlófegyver-1'): az első pilóta nélküli, programvezérlésű szárnyas rakéta, ill. robotrepülőtest. A Luftwaffe részére a Fieseler gyár fejlesztette ki (gyári jele Fi-103), és az Argus gyár által épített pulzáló torlósugar-hajtóművel (Argus-As-014) volt ellátva, amely az első, repülésben alkalmazott típus, 3,285 kN tolóerővel. A ~ hossza 7,90 m, átmérője 0,80 m, fesztávja 5,30 m, starttömege 2180 kg, robbanótöltete 850 kg TNT. Hatótávolsága 550 l benzinnel 240 km, 656 km/h max. sebesség és 3000 m-ig terjedő magasság mellett. Hajtóművét az Argus cég az 1930-as években dolgozta ki, a benzin betáplálása sűrített levegővel történt, működéséhez 300 km/h sebességre volt szükség, ezért indítást 6° szög alatt felállított 55 m hosszú, összeszerelhető sínes katapult végezte, amely 320 km/h-ra gyorsította a ~-et. 1942 júniusától kezdtek meg gyártását, hibáinak megállításához pilótás berepülés volt szükséges. 1944. aug. 16-tól 1945. márc. 29-ig vetették be: 9300 db indult London és Dél-Anglia ellen. Ebből 2419 db érte el a célt, 2000 db lezuhant a start után, 24%-át vadászgépek, 17%-át légvédelmi tűz, 5%-át ballonzár pusztította el. További 3141 db-ot Lüttich, 8696 db-ot Antwerpen ellen vetettek be, itt 2448 db esapódott célba. Mintegy 1200 db indult bombázógépek szárnya alól a levegőből, ebből 56 db érte el Londont, 80 db más célokat. A repülést



A német V-1 rakétarepülőgép szerkezete

V-1

giroszkópos robotpilóta vezérelte, amelynél a hatótávot az orrban levő áramfejlesztő generátor légesavarral kombinált számlálókerekével állították be. Számos modern robotrepülőgép és célrepülőtest őse (pl. a Matador, Mace, Snark, Cruise Missile, Tomahawk berendezéseké).

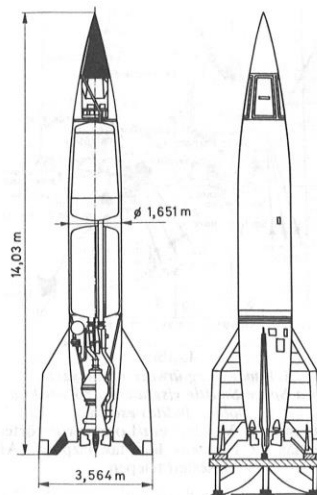
V-2 (ném. Vergeltungswaffe-2 'megtorlófegyver-2'): folyékony hajtóanyagú, német ballisztikus rakéta, eredeti típusjelzése A-4 (Aggregat-4). A peenemündei kísérleti telepen fejlesztették ki 1939-42 között W. von Braun irányításával



1. ábra
A V-2 rakéta egy kísérleti példánya
Peenemündében 1942-ben

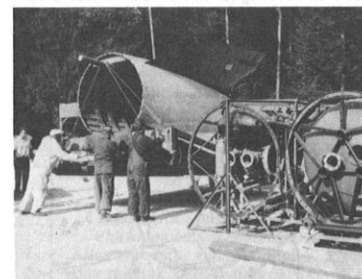
(1. ábra). Az első, sorozatban gyártott és alkalmazott katonai, nagy hatótávolságú ballisztikus rakétafegyver. Hossza 14 m, legnagyobb átmérője 1,65 m, stabilizátorának fesztávja 3,56 m, starttömege 12 805 kg (2. ábra). Hajtóanyaga folyékony oxigén és 80%-os metilalkohol keveréke, hajtóművének tolóereje 264,76 kN tengerszinten, égésiideje 68 s. Turbószivattyújának teljesítménye 500 kW, hajtóanyaga kálium-permanganát és hidrogén-peroxid. Égésvégi sebessége 5600 km/h, hatótávolsága 290-306 km, az elért csúcsmagassága 85-186 km a ballisztikus röppálya alakjától függően. Robbanófeje 980 kg trinitro-toluol vagy amatol robbanóanyagot szállított. Irányítórendszere kezdetben rádió-távírányítás, majd autonóm programirányítás. Aerodinamikai és gázsugárterelő grafit kormánylapokkal szerelték fel. Az összes későbbi folyékony hajtóanyagú nagyrakéták fejlesztésének alapjául szolgált. - A ~ rakétából 1942-43-ban 400 db-ot gyártottak, 39 kísérleti példányt indítottak, 1944-ben 1270 db, 1945-ben (májusig) 1810 db készült a thüringiai Harz-hegységben fekvő Mittelwerke üzemben. Bevetésére 1944 szeptemberétől került sor, 1359 db-ot angol, 1629 db-ot holland, 63 db-ot francia, 245 db-ot belga területen levő célpontok ellen indítottak. A háború végén mintegy 800 db kész

816



2. ábra
A német V-2 (A-4) ballisztikus rakéta szerkezete
(1944-45)

és félkész állapotban levő ~ volt Németországban, ezeket a győztes szövetséges hatalmak egymás között felosztották, majd később kísérleti célokra felhasználták (3. ábra).



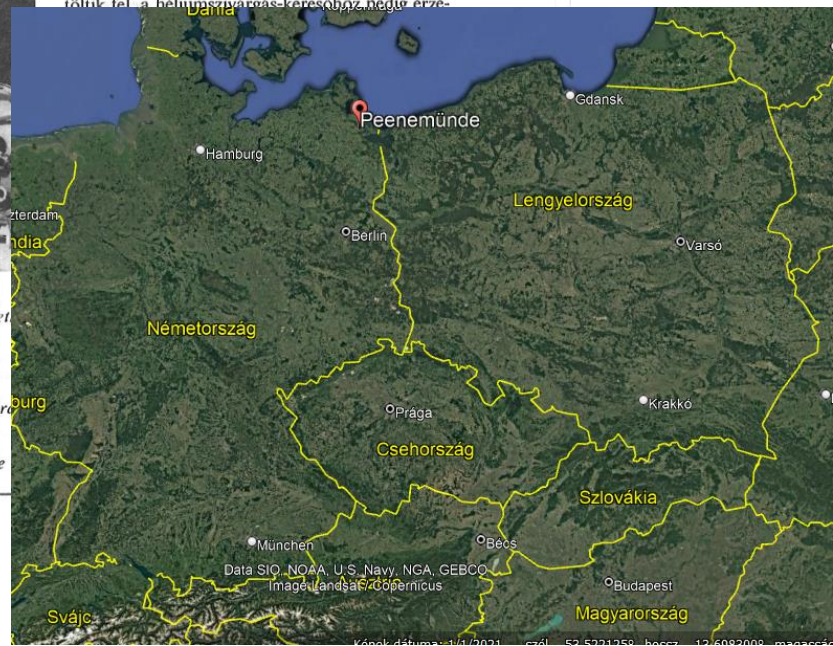
3. ábra
Az NSZK-beli Stuttgartban kiállított eredeti
V-2 rakéta
az Egyesült Államokból történt
visszaszállítása után

V-2, V-2-A, V-5, V-5-V: - szovjet kutatórakéták

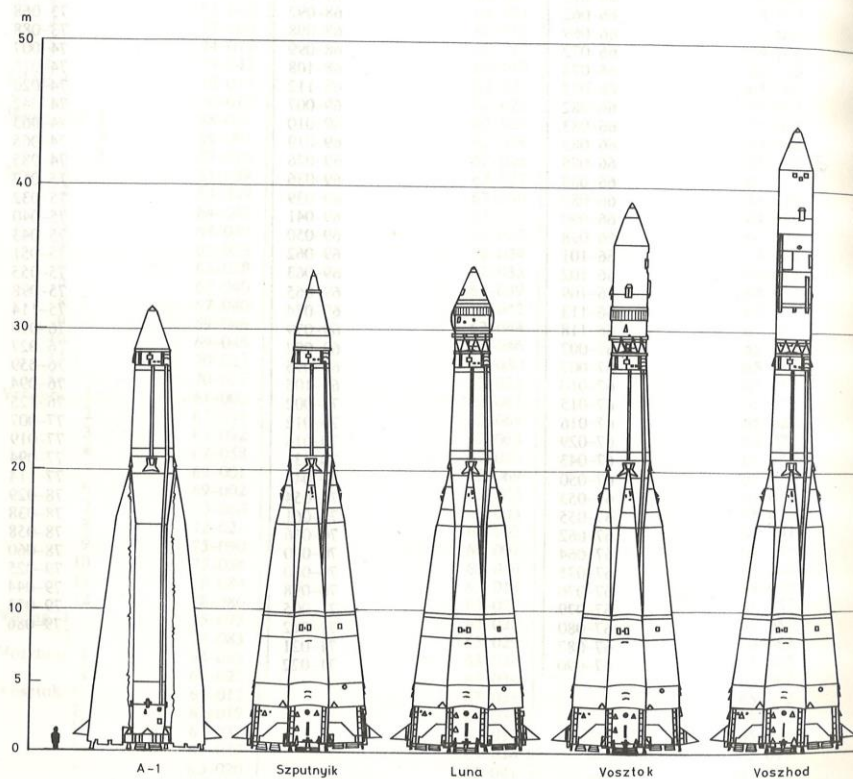
vákuum hőszigetelés: - tartály hőszigetelése

817

vákuumpróba: a hordozórakéta és az űrobjektum hermetikus berendezéseinek kipróbálása vákuum létesítésével. A ~ egyik módszere szerint a kipróbálandó szerkezetet barokamrába helyezik, amelyben létrehozzák a meghatározott vákuumot, és ebben különféle módszerekkel ellenőrzik a szerkezet hermetikusságát (tömítettségét). A tömítetlenség jelzésére héliumgázt használtak, mely a legkisebb résen is áthatol. Különféle tömítetlenség-ellenőrző módszereket alkalmaznak. A kipróbálandó szerkezetből való kiáramlást úgy lehet megfigyelni, hogy mérik a 10⁻⁴-10⁻⁶ bar kezdeti nyomású barokamra nyomásának növekedését. E módszer igen egyszerű, de nem elég üzembiztos, mivel lehetséges, hogy maga a barokamra sem elég hermetikus. A szivárgásvizsgálat módszere üzembiztosabb. Ez esetben a barokamrába meghatározott mennyiségű héliumgázt vezetnek be, ennek alapján kalibrálják a héliumszivárgás-kereső műszert. Ezután behelyezik a barokamrába a héliummal töltött vizsgálandó szerkezetet, majd a barokamrában 10⁻⁴-10⁻⁶ bar vákuumot hoznak létre. Majd a héliumszivárgás-keresővel mérik a barokamrában a héliumkoncentrációt - amennyiben az növekszik, akkor a vizsgált szerkezet tömítettsége nem megfelelő. - A második módszer, hogy a vákuumot magában a vizsgálandó szerkezetben hozzák létre, és a héliumszivárgás-kereső műszert is a szerkezet belsejében helyezik el. Ezt követően a csatlakozásoknál és a hegesztési varratoknál héliumgázt fúvatnak a szerkezetre. Ha a szerkezet belsejében ~ a tömítetlenség miatt - a héliumkoncentráció növekszik, akkor azt a szivárgás-kereső műszer jelzi. - A nem megfelelő tömítettségű szerkezet ~ját követően meghatározható a tömítetlenség helye is. E célból a vizsgált szerkezetet nagynyomású héliummal töltik fel, a héliumszivárgás-keresőhöz pedig érzé-

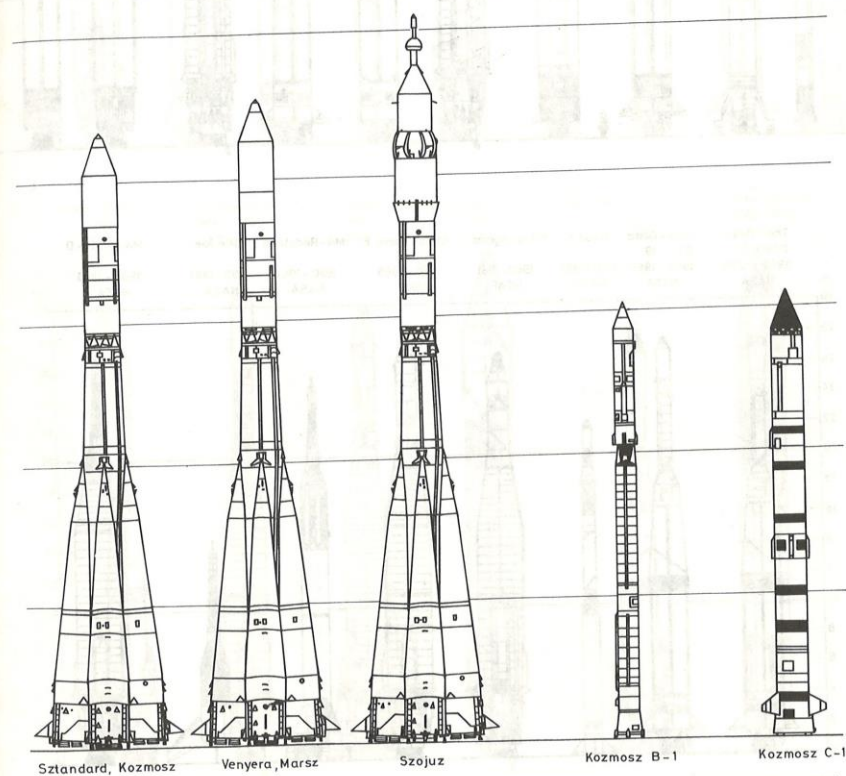


Köszönet Varga Gábornak az
ábrák szkenneléséért!



SZOVJET HORDOZÓRAKÉTÁK

HORDOZÓRAKÉTÁK ÖSSZEHAISONLÍTÓ ÁBRÁI



SZOVJET HORDOZÓRAKÉTÁK



Titan I.
széria



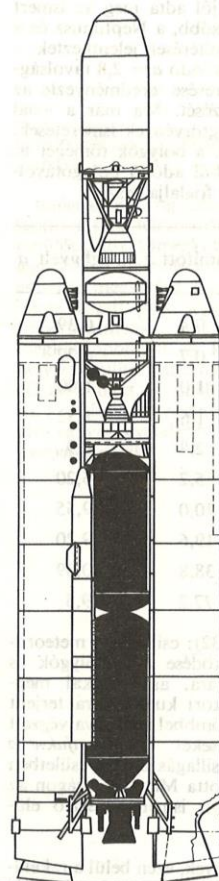
Gemini/Titan II.



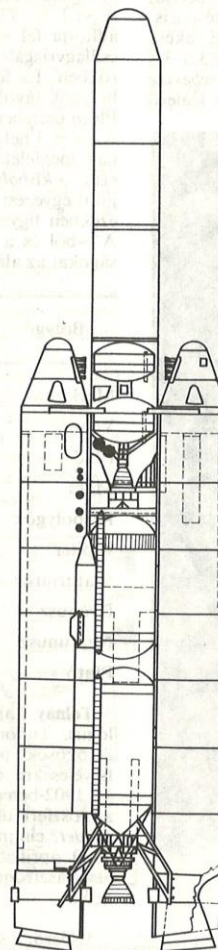
Titan III. A



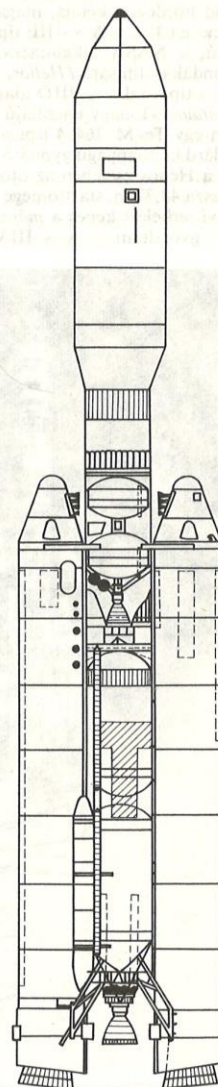
Titan III. B - Agena D



Titan III. C

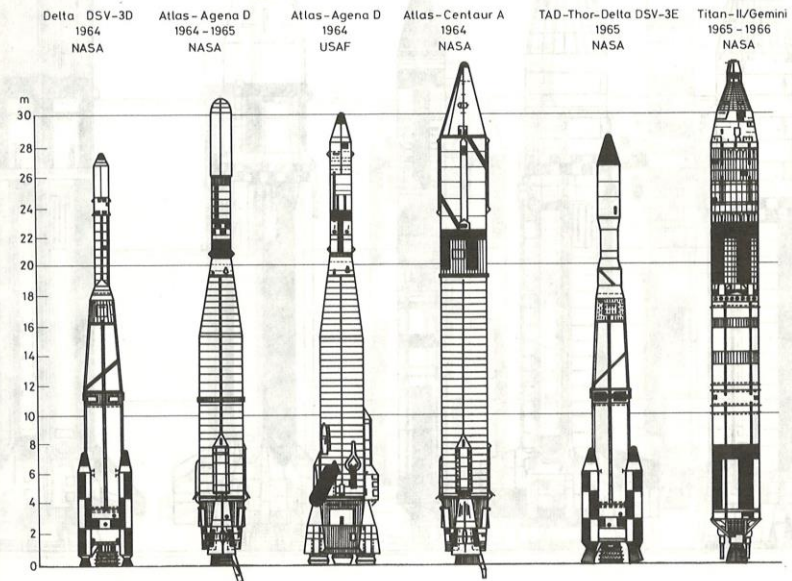
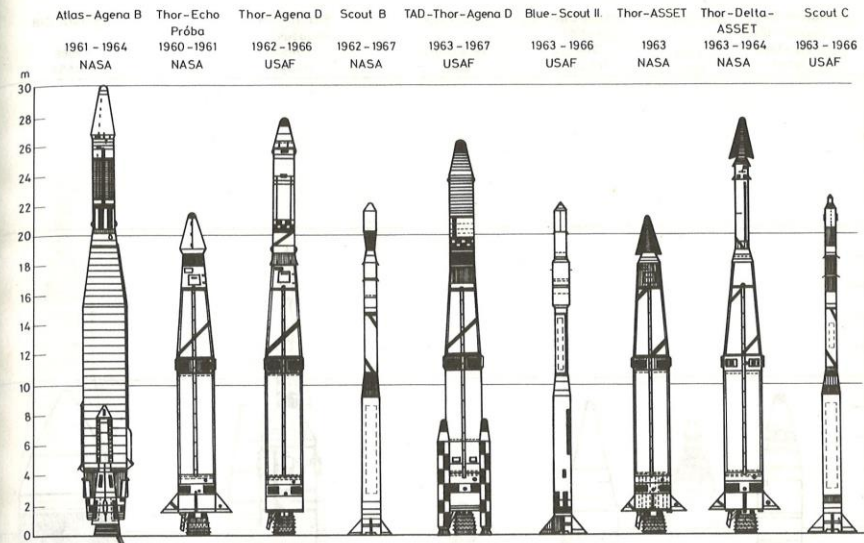
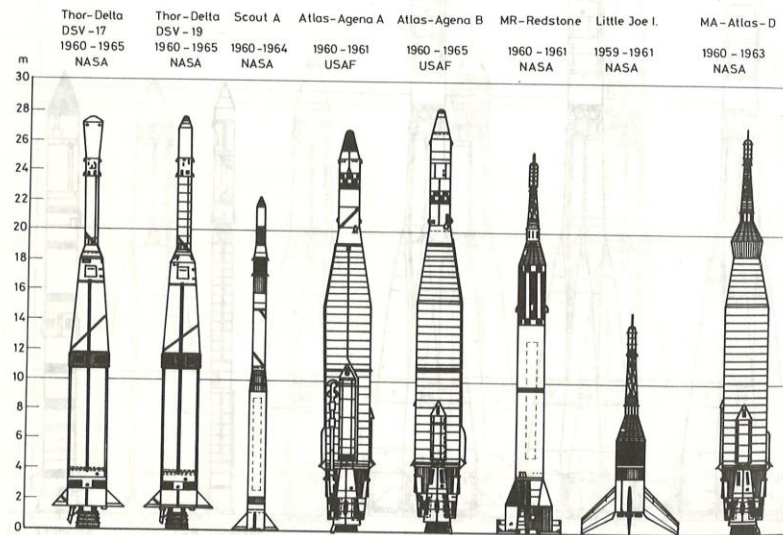
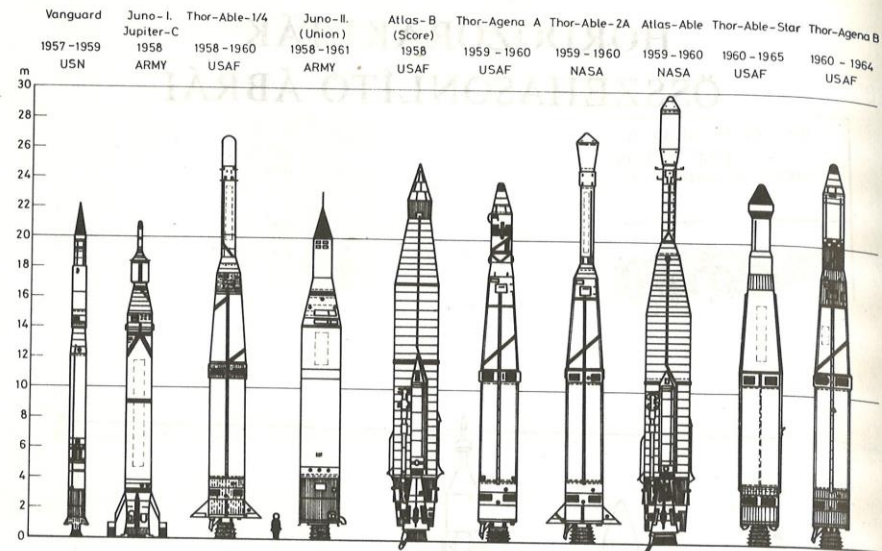


Titan III. D



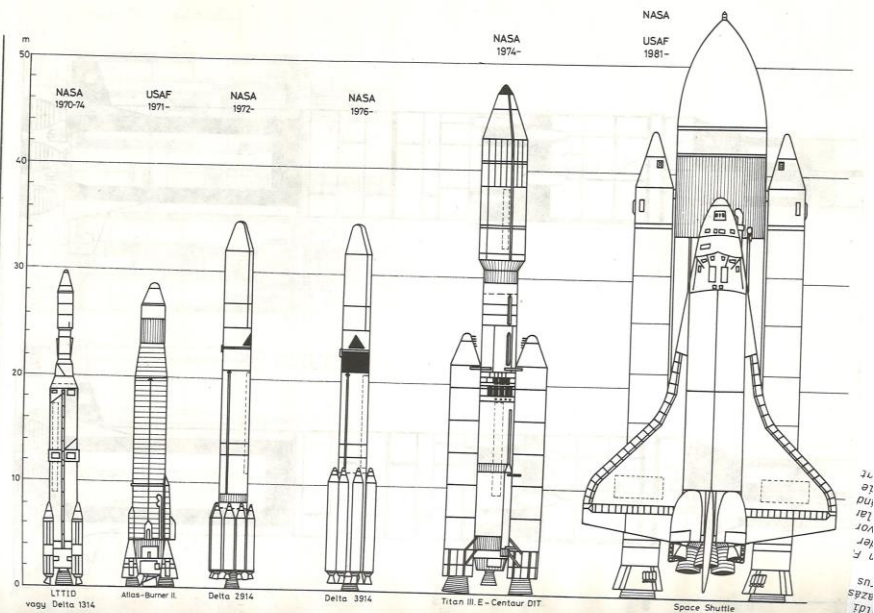
Titan III. E - Centaur D T

I. ábra
A Titan-típusú katonai és űrkutatási hordozórakéták méretarányos rajza



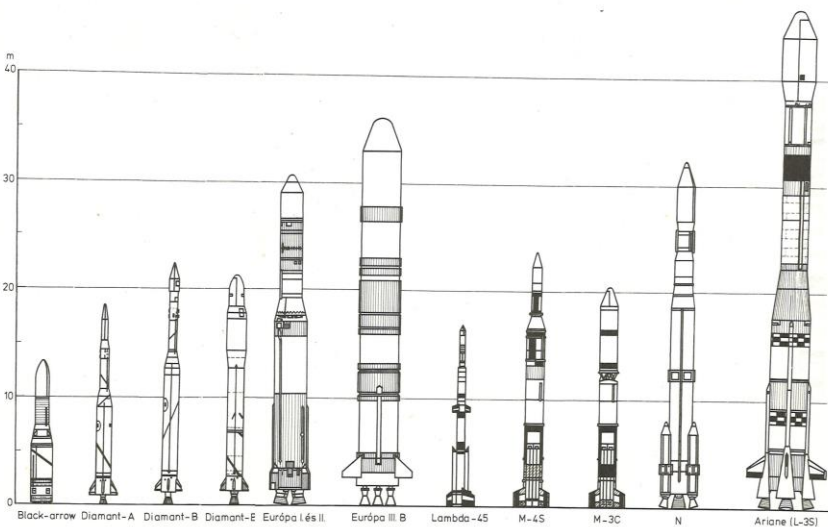
USA HORDOZÓRAKÉTAI

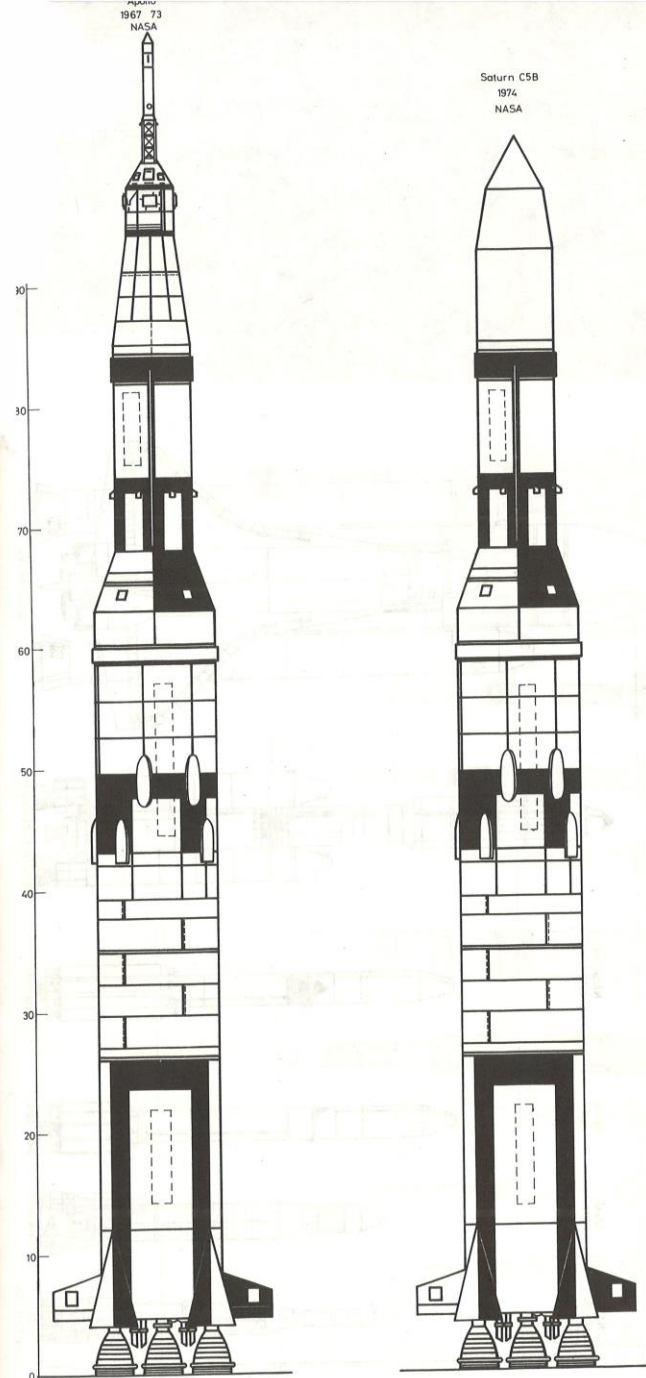
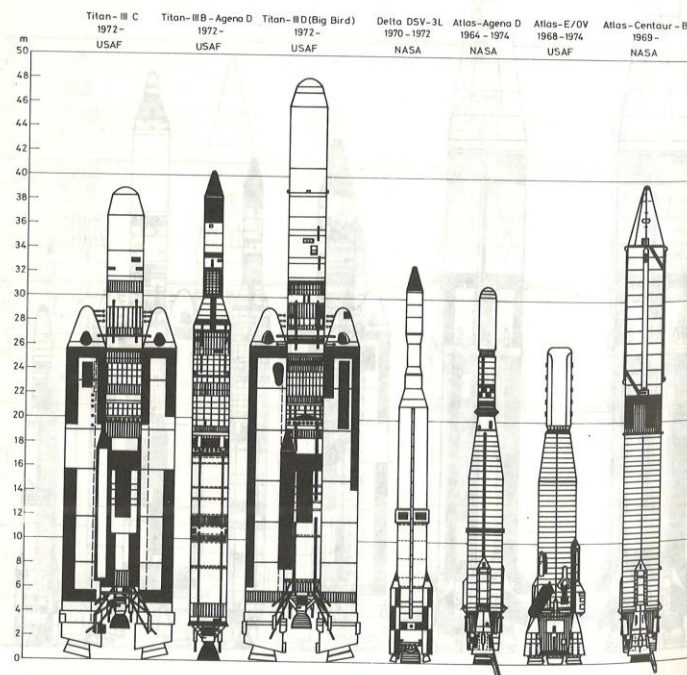
998

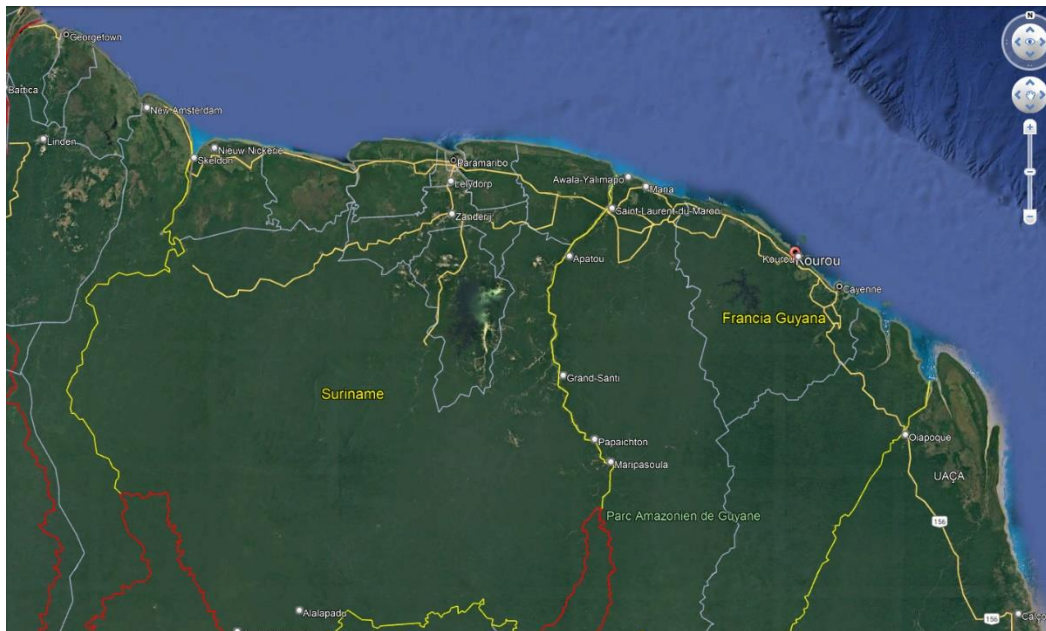


EURÓPAI ÉS JAPÁN HORDOZÓRAKÉTAI

999

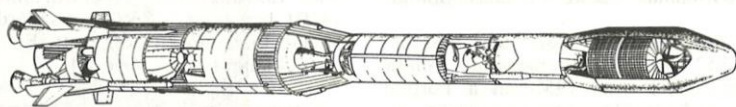






Az ARAKSZ kísérlet,
valamint a használt elektronyorsító
és plazmagenerátor vázlata

1, 2, 11 – elektronikus egységek; 3 – elektronágyú;
4 – elektronnyaláb-szabályozó; 5 – nagyfeszültségű
transzformátor; 6, 8 – a rakétatest potenciáljának
érzékelői; 7 – akkumulátor; 9 – a céziumplazma
forrása; 10 – alacsony energiájú elektronok
spektrométere; 12 – telemetria-antenna



1. ábra
Az Ariane hordozórakéta perspektivikus rajza

Ariane, L-IIIS: az → ESA űrkutatási szervezet
közös, háromfokozatú *hordozórakétája* (1. ábra),
amely a korábbi ELDO *Európa-I* és *II* típusú
hordozórakéták helyett 1980-tól a szervezet mestersé-
ges holdjainak pályára állítását végzi. Az ~ Fran-
ciaországban készül, a hossza 48 m, az első foko-
zat átmérője 3,8 m, a második és a harmadik foko-
zaté 2,6 m, az orrkúpé 3,2 m (2. ábra). Mintegy
1500 kg tömeget képes átmeneti, 750 kg-ot geo-
stacionárius pályára állítani. Az első fokozat hajtó-
anyaga aszimmetrikus dimetil-hidrazin + nitro-

hordozórakétákkal történt az alaskai Fairbanks
és a Virginia állambeli Wallops Islandról. – Az ~
tizennyolc lappal határolt hengeres test, magassága
0,56 m, átmérője 1,07 m. Tömege kb. 140 kg. Ol-
dalaít és tetejét 9100 db napelem borította, ezek
21 Ni-Cd akkumulátort töltöttek. Az ~-holdakba
két kamerát építettek be, ezek optikai tengelye
merőlegesen állt a hold forgástengelyére, és 180°-os
szöget zártak be egymással. Az ~-k → *spinstabi-
lizáltak* voltak kb. 10 ford./perc sebességgel, és for-
gási tengelyük a pályasíkban feküdt. A két kame-
rát 108°-os látószögű $f = 1:1,8/5,7$ mm-es optika-
val szerelték fel. A kamerák keringésenként négy
vagy nyolc felvétel készítésére voltak programozva
az infravörös, ill. a látható fény tartományában.
A képek a Föld felszínének, ill. a felhőtakarónak
egyszerre 1200×1200 km-es területét mutatják,
ami azt jelenti, hogy 800 soros tv-letapogatás mel-
lett → *nadirban* 3 km-es felbontást eredményezett.
Az ~-holdakat → *APT*-berendezéssel szerelték fel,
tehát a hold alatti 2400 km sugarú körzetben ál-
landóan venni lehetett a kisugárzott képeket. Va-
lamennyi ~-hold → *napszinkron pályán* keringett.

ESTEC (ang. European Space Research and
Technology Center "Európai Űrkutatási és -tech-
nikai Központ"): → *ESRO*

etil-alkohol, C_2H_5OH : folyékony → *tüzelőanyag*.
Szintelen, magas forráspontú folyadék. Sűrűsége
20 °C-on 0,789 g/cm³, olvadáspontja –114,6 °C.
forráspontja 78,5 °C. Vízzel és más alkoholokkal
keverik. Kémiaileg stabil, a szerkezeti anyagokat
nem támadja meg. Az ~t 1930-80 között elterjed-
ten alkalmazták, 90-95%-os vizes oldatát főként
folyékony oxigénnel. Kis → *fajlagos tolóereje* miatt
napjainkban kevésbé alkalmazzák.

ETMR: → *Egységes Távmérési Rendszer*

ETMSZ: → *Egységes Távmérési Rendszer*

ETR: → *Eastern Test Range*

ETS: → *Japán űrkutatása*

Európa: egyike a Jupiter négy, ún. Galilei-
holdjainak. A Jupiter centrumától 671 400 km-re
kötöttén kering, sziderikus keringéseideje 3,551
nap. Az ~ átmérője 3130 km, nem sokkal kisebb
a Holdnál és a Galilei-holdak közül a legkisebb.
Átlagos sűrűsége 3,03 g/cm³. Színképi mérések
H₂O jelenlétét mutatják a felszínen. Felszínéről
1979-ben a → *Voyager-1*, -2 űrszondák készítettek
felvételeket. Jellegzetessége, hogy nincsenek rajta
hegyek és nagyobb kiemelkedések, hanem csak
repedésszerű hálózattal borítja felszínének nagy ré-
szét. Feltételezik, hogy a felszínt vastag jégpáncél
borítja, és ennek a repedéseit láthatjuk a képeken.

Európa hordozórakéta: a nyugat-európai hordo-
zórakéta-fejlesztő szervezet, az → *ELDO* első, közös
fejlesztésű, háromfokozatú hordozórakétája 1962-

68 között (2. ábra). Az első változat 1. fokozata az
angol Blue Streak közbelső hatótávolságú ballisz-
tikus rakéta, 2. fokozata a francia Coralie, amelyet
a Veronique-Vesta bázison fejlesztettek, a 3. fo-
kozata az NSZK-építésű Astris. A mesterséges



1. ábra
Az Europa-11 hordozórakéta
indítás előtt Kourouban

függőleges próba- és fékpádjá működik, itt végzik a Diamant-A és -B, a Diamant-BP-4 hordozórakéták, a Coralie II. fokozat, katonai ballisztikus rakéták hajtóműveinek és fokozatainak komplex vizsgálatát. Itt folytatják az épülő L-III S (Ariane) hordozórakéta hajtóműveinek fékpadi próbái.

Véronique: francia egylépcsős kutatórakéta, amelyet német szakmápanyagok felhasználásával fejlesztettek ki (1. ábra). Első változata 1949-52 között épült, ennek hossza 6,5 m, starttömege 1000 kg, tolóereje 39,22 kN, égéseideje 32 s. Ez a típus



2. ábra
A Véronique rakéta-fékpadi startja
a Szaharából

A rakéta alatt egy keresztrúdon jól láthatók a stabilizáláshoz használt acélhuzalok

közvetlen indítás utáni stabilizálása, melyre dob-
ról lecsévéllő acélhuzal szolgált mintegy 60 m
magasságig (2. ábra).

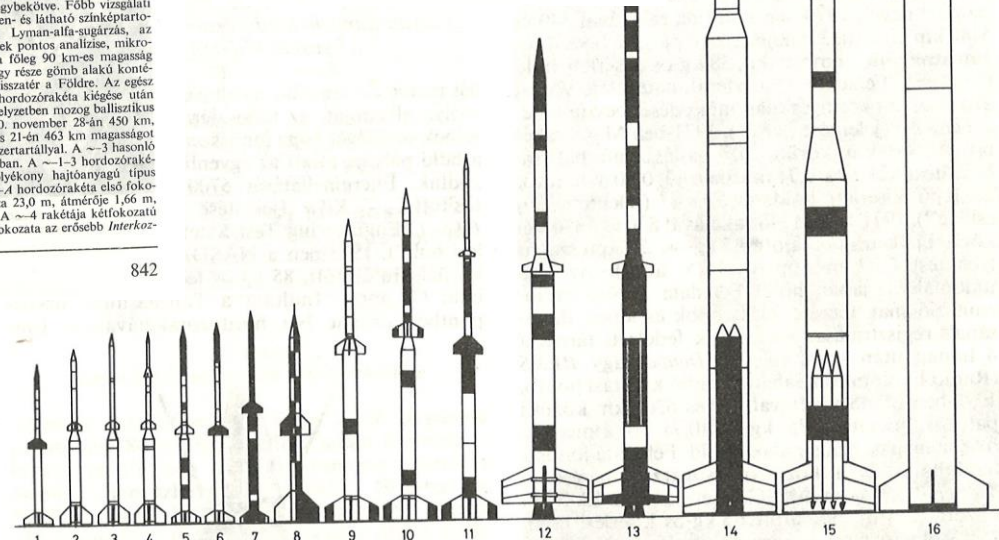
vertikális: 1. függőleges irányú. - 2. az -ég-
gömbnek aza főköre, amely merőleges a -horizont-
ra. Egy adott hely horizontjához tehát végtelen sok
~ tartozik, ezek mind keresztlümmennek a hely
~ zenitén. A pontosan keleti, ill. nyugati irányú ~t
nevezik *első* ~nak, ennek metszéspontjai a hori-
zonttal jelölik ki a *keletpontot* és *nyugátpontot*.

Vertikális (or. 'függőleges'): szovjet geofizikai
kutatórakéta, amelyet az -Interkozmosz-szervezet
bocsát fel a szovjet területen levő -Kapsztyin
Jar- indítóhelyről. A mérési program a magas-
légkör és a Föld körüli térség komplex kutatását
célozza mintavételrel egybekötve. Főbb vizsgálati
területei: a Nap röntgen- és látható szinkrotrio-
mánu sugárzása, a Lyman-alfa-sugárzás, az
ionoszféra összetevőinek pontos analízise, mikro-
meteorok előfordulása főleg 90 km-es magasság
felett. A műszerek nagy része gémből a Földre. Az egész
műszerkomplexum a hordozórakéta kiegészése után
leválik és stabilizált helyzetben mozog ballisztikus
pályáján. A ~1 1970. november 28-án 450 km,
a ~2 1971. augusztus 21-én 463 km magasságot
ért el 1300 kg-os műszertárral. A ~3 hasonló
megoldású volt 1973-ban. A ~1-3 hordozóraké-
tája egyfokozatú, folyékony hajtóanyagú típus
volt, az *Interkozmosz-A* hordozórakéta első foko-
zata (1. ábra). Hossza 23,0 m, átmérője 1,66 m,
tolóereje 725,64 kN. A ~4 rakétája kétfokozatú
volt, amelynek első fokozata az erősebb *Interkoz-*

Olaszország űrkutatása, olasz űrkutatás: űrkuta-
tási és asztronautikai tevékenység olasz űreszközök-
kel (1. ábra). Olaszország az -*ELDO*, az -*ESRO*,
majd az -*ESA* aktív tagja, emellett nemzeti űrku-
tatási programot hajt végre a -*NASA*-val együtt-
működésben. Az űrkutatási tevékenység főképp az
egyetemeken koncentrálódik (Róma, Milánó,



1. ábra
Az első olasz kutatórakéta indítása 1961-ben



1. ábra
A japán NASDA által alkalmazott kutató- és hordozórakéták
mértarányos vázlata

1 - Kappa 1T; 2 - MT-135; 3 - Kappa-2 és -3; 4 - Kappa-150 MT; 5 - Kappa-6; 6 - Kappa-4C;
7 - Kappa-5RS; 8 - Kappa-5DTW; 9 - Kappa-6S; 10 - Kappa-8 és -8H; 11 - Kappa-9M; 12 -
Kappa-9H; 13 - Kappa-9L; 14 - Lambda-2; 15 - Lambda-3; 16 - Mu-E

végzése előtt írásba foglalta emberes repülésre
szánt, rakétahajtású repülőeszköz tervét. A terv
a lóporos hajtómű, a szabályozott hajtóanyag-
elégítés, valamint a berendezés stabilitásának stb.
problémáit tárgyalta. - Emlékeire a Hold túlsó
oldalán krátert neveztek el.

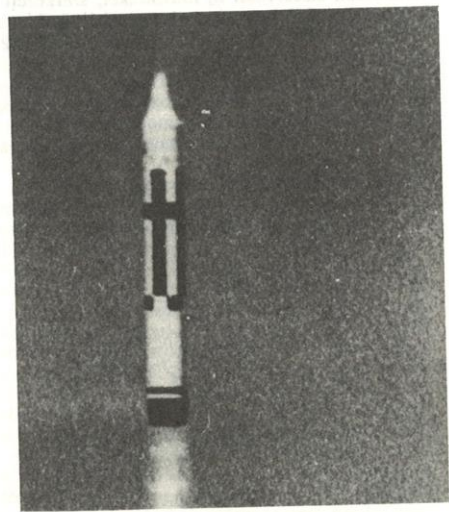
kiegész: a hordozórakéta valamely lépcsőjének
a teljes hajtóanyag elfogyasztása következtében
történő leállása. A hordozórakéták szilárd és fo-
lyékony hajtóanyagú rakétafokozatai - az utolsó
fokozat (végfokozat) kivételével - általában telje-
sen kiegésznek, vagyis teljes egészében elfogyasztják
a fedélzeten tárolt hajtóanyagot.

KIK, Komandno-izmerityelnij Komplex (or. 'pa-
rancsközlő-mérő komplexum'): -*Szovjetunió Űr-
repülés-irányító Hálózata*

Kiku: -*Japán űrkutatása*

Kína: hivatalos kínai elnevezés hiányában a
kínai mesterséges holdak jelzésére használt elne-
vezés (-*Kína űrkutatása*).

kínai hordozórakéták: A kínai és amerikai
adatok szerint eddig két fő típust alkalmaztak.
A Kína-1, -2 és -6 hold hordozórakétája egy
kétfokozatú, folyékony hajtóanyagú típus volt,
amelynek jelzése amerikai kód szerint *SSX-1*.
Teljesítményeiben a szovjet *Kozmosz-A v.* az
amerikai -*Delta* alaptípusának felel meg és mint-
egy 300 kg tömeget képes 500 km-es középmas-
ságú pályára helyezni. Első fokozatában a

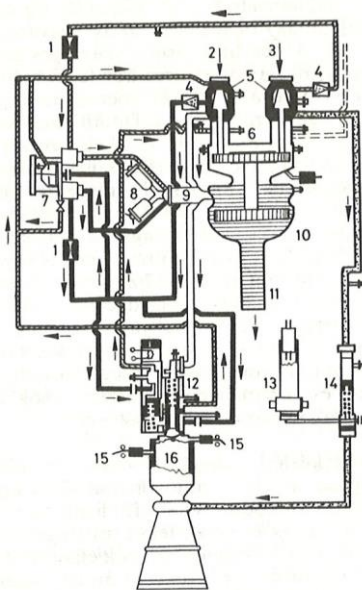


2. ábra
Kínai hordozórakéta indítása
A CSSX-4 jelű interkontinentális rakéta



1. ábra
Kínai rakéta a startállványon
Az SSX-1 jelű, könnyű hordozórakéta I. fokoza-
tát képező, katonai, középhatósugarú rakéta
(CSSX-1)

CSSX-1 jelű kínai középhatótávolságú ballisztikus
rakétát alkalmazhatták (1. ábra). A Kína-3, -4,
-5, -7, -8, -9 hold hordozórakétája erősebb,
kétfokozatú típus, amely 2200-4500 kg tömeget
képes 330 km-es középmagasságú pályára fel-
juttatni. Ez lényegében megegyezik a CSSX-4
jelű interkontinentális ballisztikus rakétával (2.
ábra). Ezt 1980 májusában két ízben 10 000 km-es
távolságra kipróbálták. Hossza 43 m, átmérője
3,8 m, az I. fokozat tolóereje 2745,68 kN, a II.
fokozaté 682,42 kN, starttömege 240 t. Jól tárol-
ható UDMH/N₂O₄ hajtóanyaga van. 1979 óta
kipróbálás alatt áll a kínai jelzés szerint FB-1,



2. ábra

*Az Agena rakétafokozat
Bell-Huster jelű rakétahajtóművének
felépítési vázlata*

1 - áramlásmérő; 2 - tüzelőanyag-bevezetés;
3 - oxidálóanyag-bevezetés; 4 - szűrő; 5 - szivattyú; 6 - hajtómű; 7 - gázgenerátor beömlésszabályozója; 8 - gázgenerátor indítója; 9 - gázgenerátor; 10 - turbina; 11 - turbina gázsugár-csőve; 12 - égőkamra beömlésszabályozója; 13 - szeleppneumatika; 14 - oxidálóanyag fő-szelepe; 15 - nyomásmérő; 16 - égőkamra

A Wikipédiából, a szabad enciklopédiából

Ellenőrzött

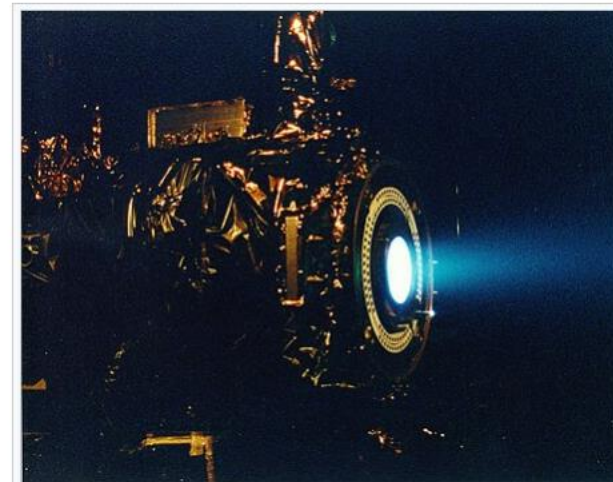
Az **ionhajtómű** **űreszközök**, főleg **űrszondák** meghajtására szolgáló eszköz, a legegyszerűbb és leggyakoribb **elektromos hajtómű**.

Előnyei és hátrányai [szerkesztés]

Ennél a hajtóműnél a gyorsító erő elég kismértékű, 0,09 newton, ami 600 kg tömeget földi körülmények között másfél nap alatt gyorsítana fel 70 km/h-ra. Tehát ez a kis erő szinte semmit sem tudna felemelni a földről, viszont a világűrben igen gazdaságosan, 60%-os **hatásfokkal** működik, mert (az elektromágneses töltéskülönbségből adódóan) az elektromos motor sokkal nagyobb sebességre gyorsítja a kiáramló részecskéket, mint a kémiai hajtóművek (pl. a **rakétákéi**). Ebből adódóan igen kevés hajtóanyag kell, így a hajtómű az út teljes hosszán működhet, és az űreszköz hosszú idő alatt, de hatalmas sebességet érhet el. Elsősorban űrszondák meghajtására alkalmas, mert a hosszú bolygóközi utazás alatt a szonda műszerei ki vannak kapcsolva, így a folyamatosan működő áramforrás (**napelemek**, **atomreaktor**) által megtermelt elektromos energia felhasználható az utazás alatt.

Működése [szerkesztés]

Az ionhajtómű **ionizációs kamrájában** **mágneses térben** valamilyen gáz halmazállapotú **nemesgázt** (általában **xenont**) ionizálnak – például **elektronokkal** bombázzák, hogy



Tesztpadon működő ionhajtómű





Működése [\[szerkesztés \]](#)

Az ionhajtómű [ionizációs kamrájában mágneses térben](#) valamilyen gáz halmazállapotú [nemesgázt](#) (általában [xenont](#)) ionizálnak – például [elektronokkal](#) bombázzák, hogy azok elektronokat szakítsanak le az [atomokról](#) –, ami ezután [elektrosztatikus](#) térben (általában két, nagyfeszültségű [elektromos áram](#) alatt álló, jelentős feszültségkülönbségű rács között) felgyorsulva ionfelhő formájában kilép a kamrából. Az ionizációs kamrában keletkező elektrontöbbséget összegyűjtik, és egy izzó [katóddal](#) a szonda mögé sugározzák, így semlegesítve a töltött hajtóanyag-felhőt (ugyanis ha megmaradna a töltése, akkor a töltésmegosztás miatt vonzaná a meghajtott járművet).

Története [\[szerkesztés \]](#)

1960-ban építette a [NASA](#) az első ionhajtóművet, a *Lewis Research Center* közreműködésével. 1964-ben a [SERT–1 Szuborbitális pályán](#) a higanygőz ion-motort sikeresen tesztelték. 1970-ben a [SERT–2](#) fedélzetén két ionmotort teszteltek.

1974-ben az [ATS–6 műhold](#) pályakorrekcióinak végrehajtására építettek be ionhajtóművet. Földi körülmények között az 5 centiméteres ionmotorok 0,15 kW mellett mintegy 4,5 mN tolóerőt biztosítottak 2500 másodperc időtartamban. [Geostacionárius pályán](#) az egyik hajtómű közel 1 órát, a másik 92 órát működött.

1998-ban útnak indították a [Deep Space–1-et](#), hogy élesben is kipróbálhassák, meggyőződjenek róla, hogy alkalmas-e űrbéli használatra. Azóta több, elektromos motorral hajtott űrjármű készült és került bevetésre, például 2003-ban a [Holdra](#) indult [SMART–1](#) vagy a 2003-ban az [Itokawa kisbolygóhoz](#) indult japán [Hayabusa](#).

Raptor (rakétahajtómű)

28 nyelv

Szócikk **Vitalap** Olvasás Szerkesztés Laptörténet Eszközök

A Wikipédiából, a szabad enciklopédiából ☒ Ellenőrzött

A **Raptor** a [SpaceX](#) által fejlesztett és gyártott újrafelhasználható, teljes áramlású, szakaszos égésű, metán-üzemű [rakétahajtómű](#). A motort - eltérően a legtöbb korábbi rakétahajtóműtől, amelyek kerozin-LOX üzemanyaggal működtek - kriogén, folyékony metán és folyékony oxigén (LOX) hajtja (Methalox-hajtómű), tengerszinti légnyomásra vagy vákuumra optimalizálva. A (folyékony) metán hajtóanyagként való alkalmazását a kisebb súly és nagyobb teljesítmény mellett a Mars-expedíció céljára történő felhasználás is indokolja.^[1]

A Raptor elsőként a [Starship](#) űrhajó prototípus fejlesztésének első lépcsőjeként konstruált Starhopper kísérleti rakétába építve vizsgázott sikeresen annak 2019. július végi 20 m-es, majd 2020. augusztus 27-én teljesített 150 m magas repülési tesztjén.^[2]

Jellemzői [\[szerkesztés \]](#)

Tengerszinti légnyomásra optimalizált változat [\[szerkesztés \]](#)

- Kamranyomás: 250 bar



^ 1. tevékenység: Készítsünk papírrakétát!

A tevékenység során a tanulók készítenek egy papírrakétát, majd megkeresik annak tömeg-, illetve nyomásközéppontját, és megpróbálják azt minél aerodinamikusabbá tenni. Megvizsgálják továbbá a rakétájuk stabilitását, és a kialakítás kapcsán számba veszik azokat a változókat, amelyek befolyásolják a rakéta teljesítményét.

Eszközök csoportonként

- kinyomtatott tanulói munkalapok
- 2 db A4-es papírlap
- ollók
- ragasztószalag
- gyurma
- kartonpapír
- szárny- és orrkúpsablont (opcionális) a 3. mellékletből



Gyakorlat

1. Alakítsunk az osztályból legfeljebb háromfős csoportokat, és kérjük meg őket, hogy építsenek rakétát a rendelkezésükre bocsátott anyagokból. Fontos hangsúlyozni, hogy a rakétatestnek el kell férnie az előre elkészített kilövőrendszeren. A rakéta megtervezésénél a tanulók szabadon használhatják a fantáziájukat, és dönthetnek a szárnyak méretéről és számáról. Inspirációként használhatják a 3. mellékletben található szárny- és orrkúpsablont.
2. Kérjük meg a tanulókat, hogy keressék meg a rakétájuk tömegközéppontját (TKp). A tömegközéppont a rendszerben lévő összes tömeg átlagos helyzete, amit a rakétájukat egy zsinóron egyensúlyozva találhatnak meg. Megjegyzés: egyes források a tömegközéppont és a súlypont kifejezéseket azonos értelemben használják.
3. Kérjük meg a tanulókat, hogy keressék meg a rakétájuk nyomásközéppontját (NyKp). A nyomásközéppont a rakéta geometriai középpontja, ahol az összes aerodinamikai erő hat. Ha a rakéta belül homogén lenne, a tömeg- és a nyomásközéppont egybeesne. A nyomásközéppontot a szárnyakra, a farokfelületekre, a légellenállásra stb. ható egyes erők összeadásával találhatjuk meg, de ezt nehéz kiszámítani. Egyszerűbb, ha kartonpapírból kivágjuk a rakéta sziluettjét, és egy tárgy (pl. vonalzó) élén egyensúlyozunk vele.
4. A tanulók jelölik be a rakétájukon a tömeg- és a nyomásközéppontot, és gondolkodjanak el azon, milyen kapcsolat áll fenn a kettő között. Végezzenek lengésteztet, és mérjék fel, hogy a tömeg- és nyomásközéppont helyzete és viszonya hogyan befolyásolja a rakéta stabilitását.
5. Így kell meghatározni a tömeg- és nyomásközéppont helyzetét ahhoz, hogy a papírrakéta stabil legyen:



Stabilan repül, orral előre. A TKp a NyKp előtt helyezkedik el. Ideális felépítés.

Megpördül. A TKp túl közel esik a NyKp-hoz.

Hátrafelé repül. A NyKp a TKp előtt helyezkedik el.

2. A táblázat bemutat néhány változót, ami a rakéta tervezésénél és kilövésénél módosítható.

Változó	Hogyan befolyásolja a rakéta teljesítményét a változó módosítása?
Szárnyak száma	A szárnyak számának növelése befolyásolja a tömegközéppont elhelyezkedését, mivel a rakéta hátsó része nehezebb lesz. A felület módosulása miatt a nyomásközéppont helye is változhat. A szárnyak aszimmetrikussága hatással lehet a stabilitásra és a légellenállásra is.
Szárnyak mérete és formája	Nagyobb szárnyak esetén a nyomásközéppont hátrébb fog elhelyezkedni.
Időjárási körülmények	A különböző időjárási viszonyok a tervezéstől függően lehetnek előnyösek vagy hátrányosak a kilövésnél. Egy nagy szárnyakkal rendelkező rakéta például jobban ki lesz téve az erős szélnek. A papírrakéták általában rosszul teljesítenek szélben és különösen esőben.
A rakéta hossza	A rakéta hossza befolyásolja a nyomásközéppont elhelyezkedését. Ha a rakéta túl rövid, az aerodinamikai képességei elvesznek, ha viszont túl hosszú, a szerkezet nem tudja megtartani magát (mivel papírból készült).
A rakéta súlya	A rakéta súlyeloszlása meghatározza a tömegközéppont elhelyezkedését. Ha az orrkúpot nehezítjük (pl. gyurmát teszünk bele), a tömegközéppont előrébb csúszik.

Megjegyzés: ha van számítógép-hozzáférésünk, letölthetjük a <http://openrocket.info/> ingyenes rakétaszimulációs eszközt. Ebben a tanulók játszhatnak a rakétájuk méreteivel és kialakításával, és tanulmányozhatják a tömegközéppont és a nyomásközéppont közötti kapcsolatot.

^ 2. tevékenység: Kilövésre felkészülni!

A tevékenység rávilágít arra, hogy a matematika a rakétatudomány szerves része. A tanulók megismerkednek az erők működésével, és szabadtest-ábrákat rajzolnak. Megfigyelik a rakéta röppályáját kilövés előtt és után, és sebességgel kapcsolatos számításokat végeznek.

Eszközök

- kinyomtatott tanulói munkalap minden csoportnak
- rakétakilövő rendszer (lásd 1. és 2. melléklet)
- elkészült papírrakéták
- hosszú mérőszalag
- szögmérő (opcionális)

Egészségügyi és biztonsági szabályok

A rakéták kilövésére használt területen senki sem tartózkodhat. A rakétát nem szabad ráirányítani senkire. Ajánlatos védőszemüveget használni.

Gyakorlat

A rakéták kilövéséhez tágas tér és sík terep szükséges (pl. egy futballpálya). A 2. mellékletben található kilövőkarról a rakéták akár 100 méternél is messzebbre repülhetnek! Jelezzük a tanulóknak, hogy a maximális nyomás 7 bar lehet.

Adjunk lehetőséget a tanulóknak, hogy megvitassák a kilövés ideális szögét. Később, a megbeszélés során visszatérhetünk rá, hogy milyen szöggel lehet maximális távolságot elérni. A csoportok indíthatnak azonos szögből, hogy összehasonlíthassák a rakétaikat, de kipróbálhatnak többféle szöget is, megfigyelve, melyik az optimális.

A kilövésből rendezhetünk versenyt is, és megjutalmazhatjuk a legtávolabbra jutó rakéta csapatát. A 3. melléklet táblázatában feljegyezhetjük a rakéták által elért távolságot (erre az információra később még szükség lehet).

A kilövés után beszéljük meg, hogyan gyorsulnak felfelé a rakéták, és miért követnek parabola alakú pályát. Ismertessük a tanulókkal Newton három mozgástörvényét és a gravitációs erő fogalmát. Magyarázzuk el nekik a szökési sebesség és az első kozmikus sebesség (körsebesség) fogalmát, és hasonlítsuk össze a papírrakéták kilövését egy valódi holdrakéta elindításával.

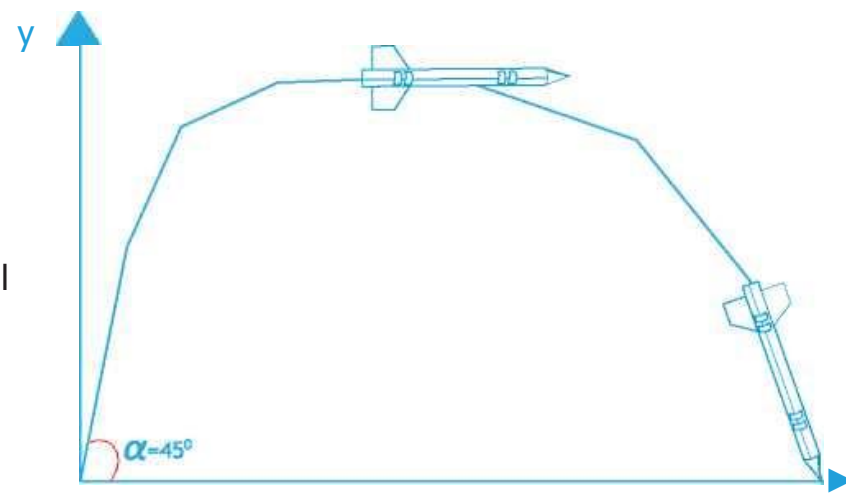
Eredmények

1. A rakéta röppályájának rajza.

A távolság maximalizálása érdekében a kilövést 45° -os szögből kell végrehajtani.

A rakéta pályáját befolyásoló tényezők:

- szél
- kiindulási sebesség
- kilövési szög



$F_t = \text{Tolóerő}$

Csak nagyon rövid ideig hat a kilövés során: lökést ad a rakétának és repülésre készíteti.

$F_G = \text{Gravitációs erő}$

A repülés teljes tartama alatt nagyjából állandó.

$F = \text{Légellenállás}$

A levegő sűrűségétől, viszkozitásától és kompresszibilitásától, valamint a rakéta sebességétől, alakjától és dőlésszögétől függ.

$F = \text{Felhajtóerő}$

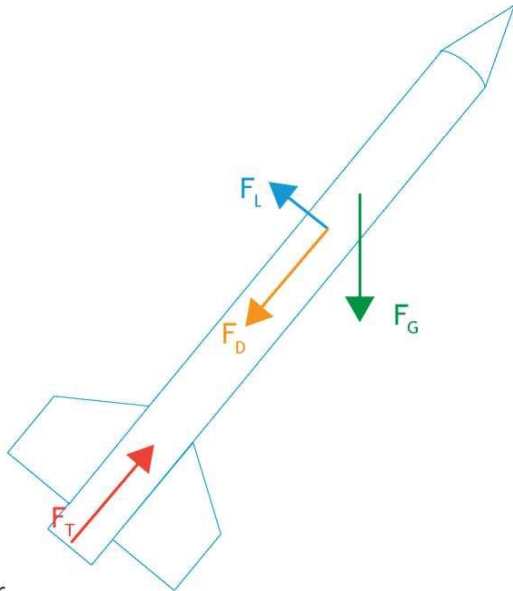
A levegő sűrűségétől, viszkozitásától és kompresszibilitásától, valamint a rakéta sebességétől, alakjától és dőlésszögétől függ. Ennél a tevékenységnél a felhajtóerőt elhanyagolhatónak tekintjük.

- Egy valódi rakéta (pl. az Ariane 5) esetében ez a fázis néhány percig tart, míg a papírrakétánk kilövésénél alig egy másodpercig.
- A mozgás irányában az erők eredője, F , a következő:

$$F = -F_D + F_T - F_G \cos \theta$$

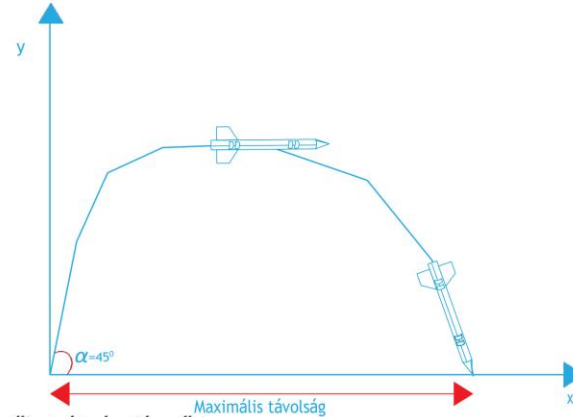
^ Maximális távolság

5. A rakétára a tolóerő fázisban ható erőket ábrázoló erődiagram:

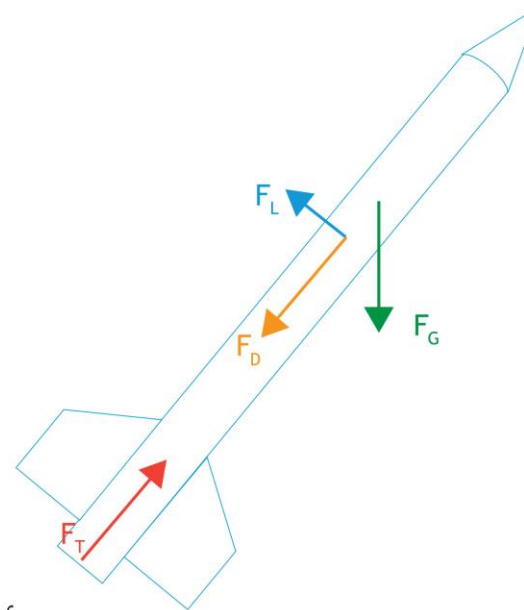


Eredmények

1. A rakéta röppályájának rajza.
2. A távolság maximalizálása érdekében a kilövést 45° -os szögből kell végrehajtani.
4. A rakéta pályáját befolyásoló tényezők:
 - szél
 - kiindulási sebesség
 - kilövési szög



5. A rakétára a tolóerő fázisban ható erőket ábrázoló erődiagram:



$F_T = \text{Tolóerő}$

Csak nagyon rövid ideig hat a kilövés során: lökést ad a rakétának és repülésre készíti.

$F_G = \text{Gravitációs erő}$

A repülés teljes tartama alatt nagyjából állandó.

$F_D = \text{Légellenállás}$

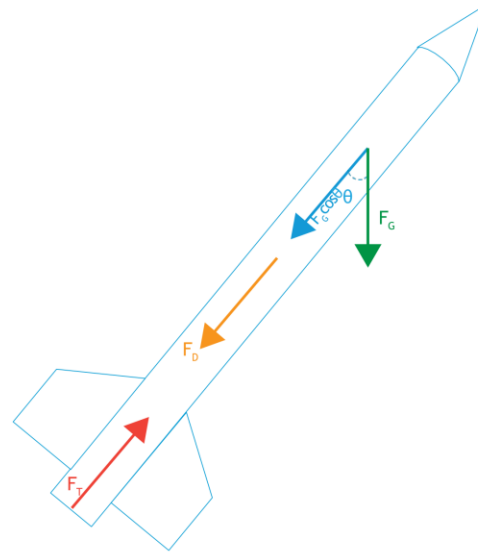
A levegő sűrűségétől, viszkozitásától és kompresszibilitásától, valamint a rakéta sebességétől, alakjától és dőlésszögétől függ.

$F_L = \text{Felhajtóerő}$

A levegő sűrűségétől, viszkozitásától és kompresszibilitásától, valamint a rakéta sebességétől, alakjától és dőlésszögétől függ. Ennél a tevékenységnél a felhajtóerőt elhanyagolhatónak tekintjük.

6.
 - a. Egy valódi rakéta (pl. az Ariane 5) esetében ez a fázis néhány percre tart, míg a papírrakétánk kilövésénél alig egy másodpercig.
 - b. A mozgás irányában az erők eredője, F , a következő:

$$F = -F_D + F_T - F_G \cos\theta$$



Ahol:

$F=ma$ (m a tömeg, a pedig a gyorsulás).

$F_T = -u_e \frac{dm}{dt}$ (u_e a rakétát elhagyó gázugár sebessége a rakétához képest, $\frac{dm}{dt}$ pedig a rakéta tömegének változási sebessége).

$F_G \cos \theta$ a gravitációs erő a rakéta mozgásának irányában.

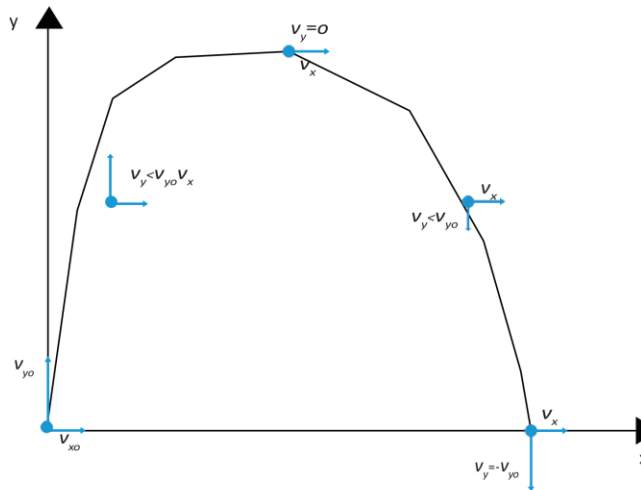
$F_G = mg$, m a tömeg, g a gravitációs gyorsulás, pedig a rakéta mozgásának iránya és a F_G iránya által bezárt szög.

F_D a légellenállás.

c. Ha ezeket a kifejezéseket behelyettesítjük és elosztjuk m -mel, megkapjuk a gyorsulást:

$$a = -\frac{F_D}{m} - \frac{u_e}{m} \frac{dm}{dt} - g \cos(\vartheta)$$

7. a. A vízszintes és függőleges sebességkomponenseket ábrázoló grafikon. Ösztönözzük a tanulókat arra, hogy átgondolják, milyen erők hatnak a rakétára az egyes pontokban, és miért eredményezi ez a grafikonon kirajzolódó parabola alakú röppályát.



7. b. A kilövőálláson álló rakéta a tolóerő fázisban hirtelen gyorsul. Amint a rakéta elhagyja a kilövőállást, már nem hat rá a tolóerő. A légellenállást figyelmen kívül hagyva ez azt jelenti, hogy a rakétára az x-tengelyen nem hat erő, így Newton első törvénye alapján az x-sebességkomponens (v_x) állandó. Az y-tengelyen a rakétára a gravitációs erő hat a Föld középpontja irányában (a felszínre merőlegesen), ezért az y-sebességkomponens (v_y) változik.

8. A sebességet kiemeljük az egyenletben:

$$v = \frac{d g}{\sin(2\alpha)}$$

9. Ha a sebesség $d = 40 \text{ m}$, a szög $\alpha = 45^\circ$:

$$v = \frac{40 \times 9.81}{\sin(2 \times 45^\circ)}$$

$$v = \frac{392.4}{1} = 392.4 \text{ m/s}$$

10.

$$v = \left(\frac{392.4}{1000} \right) \times 60 \times 60 = 1412.64 \text{ km/h}$$

11. A Föld estében a szökési sebességet így számíthatjuk ki:

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \times 6.65 \times 10^{-11} \times 5.95 \times 10^{24}}{6.37 \times 10^6}} = 1.12 \times 10^4 \text{ m/s} = 11.2 \times 10^4 \text{ km/h}$$

12. Egy űrhajó Föld körüli pályára állításához szükséges sebesség a Föld felszíne felett 300 km magasságban.

$$v_{\text{orbital}} = \sqrt{\frac{6.65 \times 10^{-11} \times 5.95 \times 10^{24}}{6.37 \times 10^6 + 300 \times 10^3}} = 7.68 \times 10^3 \text{ m/s} = 7.68 \times 10^4 \text{ km/h}$$

Ahol r a pálya sugara (a Föld középpontjától számítva), tehát $6371 \text{ km} + 300 \text{ km}$.

13. A 9. kérdésben szereplő példával összehasonlítva ez $2.78 \times 10^4 / 71.3 = 390$ -szer gyorsabb, mint a saját készítésű rakétáink sebessége.
14. A Hold esetében a szökési sebesség sokkal kisebb, mivel a Hold tömege a sugarához képest jóval kisebb, mint a Földé.
15. A Hold esetében a szökési sebességet így számíthatjuk ki:

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \times 6.65 \times 10^{-11} \times 5.5 \times 10^{22}}{1.55 \times 10^6}} = 2.55 \times 10^4 \text{ m/s} = 2.55 \times 10^5 \text{ km/h}$$

16. Mivel a Hold esetében a szökési sebesség kisebb, sokkal kevesebb energia (és ezáltal üzemanyag) szükséges egy űrhajó Holdról történő indításához, így nagyobb rakományokat könnyebb a Hold felszínéről indítani.

Megbeszélés

Foglaljuk össze az eredményeket az osztállyal közösen. Hogyan próbálták az egyes csoportok maximalizálni a röptávolságot? Milyen módszerek működtek, és melyek nem?

Kérdezzük meg a tanulókat, hogy szerintük miért lenne célszerűbb a rakétákat a Holdról indítani egy nagyobb távú (pl. a Marsra irányuló) űrutazás esetén? Magyarázzuk el, hogy mivel a Hold esetében mind az első kozmikus sebesség (körsebesség), mind a szökési sebesség sokkal kisebb, mint a Föld esetében, kevesebb üzemanyagra lenne szükség, ami azt jelenti, hogy sokkal kevesebbe kerülne a kilövés. A bevezetőben leírtak alapján azt is megvitathatjuk, miért indítanak rakétákat az Egyenlítőhöz közeli helyszínekről.

Beszéljünk a számítások során alkalmazott egyszerűsítésekről és feltételezésekről. Például nem vettük figyelembe a légellenállás miatti lassulást. A légellenállás a sebesség növekedésével nő. Beszéljük meg, szerintük mikor és hol hat legerősebben a légellenállás a rakétára. A szükséges szökési sebesség és az első kozmikus sebesség (körsebesség) a Föld esetében nagyobb, mint amit kiszámítottunk. Térjünk ki arra is, hogy a Hold esetében az is előny, hogy légkör hiányában nincs légellenállás, ezért a szökési sebesség is kisebb lesz.

→ 3. tevékenység: Ember a fedélzeten

A tevékenység során a tanulók tanulmányozzák a gyorsulást, valamint a különböző erők és a G-erő hatását. Megvizsgálják, miért van szükség extra óvintézkedésekre az emberes rakéták indításakor.

Gyakorlat

Bevezetésként kérdezzük meg az osztályt, hogyan gyorsulnak felfelé a rakéták. Ragadjuk meg az alkalmat, hogy beszéljünk Newton bolygómozgással kapcsolatos három törvényéről és a gravitációs erőről.

Eredmények

1. Ha az (1) és (2) egyenleteket átrendezzük az időre (**t**), a következőket kapjuk:

$$\frac{zs}{u+v} = \frac{v-u}{a}$$

Ha pedig átrendezzük a-ra:

$$a = \frac{v^2 - u^2}{zs}$$

2. A rakéta kiindulási sebessége $u = 0$ m/s. Ha a 2. tevékenység 9. kérdésében kiszámított kilövési sebességet használjuk, akkor a következőt kapjuk:

$$a = \frac{1g \cdot 81^2 - 0^2}{2 \times 0.5} = \frac{5g \cdot 9}{0.6} = 65g \text{ m/s}^2$$

3. Kérjük meg a tanulókat, hogy számítsák ki a G-erőt kilövésnél. A G-erő valójában nem erő, hanem a tárgyra ható teljes gyorsulás és a Föld gravitációjából eredő gyorsulás hányadosa. A fenti válasz alapján a következőt kapjuk:

$$G_{\text{erő}} = \frac{65g}{9.81} = 65$$

Ez a Föld gravitációs erejének 67-szerese.

Megbeszélés

Kérdezzük meg az osztályt, szerintük hogyan lehetséges, hogy egy űrhajós általában legfeljebb 3–6 G-t tapasztal, miközben a rakétájuk esetében ugyanez az érték jóval magasabb?

Az emberi szervezet nem lenne képes elviselni 67 G-t. Az, hogy mennyit bír ki, attól is függ, mennyi ideig van kitéve az erőnek: csupán néhány másodpercig vagy percekig. Emlékeztessük a tanulókat, hogy ez a gyorsulástól függ, nem pedig a sebességtől. A gyorsulás a sebesség időarányos változása. Az emberes küldetéseknél kisebb a gyorsulás, és az űrhajók sokkal hosszabb idő alatt érik el a szükséges sebességet.

A tevékenységek elvégzése után megkérhetjük a tanulókat, hogy írjanak egyéni beszámolót a kísérletükről. Használják fel a tevékenységek során szerzett ismereteiket, értékeljék, hogyan sikerült a kísérlet, és min változtatnának, ha megismételnék.

→ 3...2...1 KILÖVÉS!

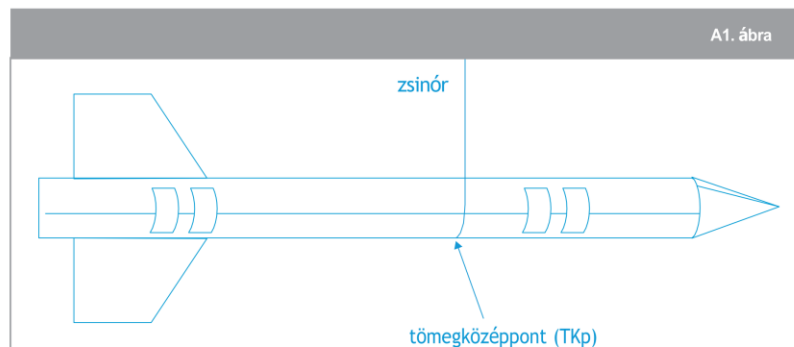
Készítsük papírrakétát!

→ 1. tevékenység: Készítsünk papírrakétát!

Legyen szó akár egy egyszerű papírrakétáról, akár igazi űrrakétáról, a rakéatechnika alapelvei ugyanazok. A tevékenység során megtervezitek és megépítitek saját papírrakétáitokat, és a kivitelezés kapcsán megvizsgáltok néhány olyan változót, amelyek befolyásolhatják a rakéta stabilitását és teljesítményét.

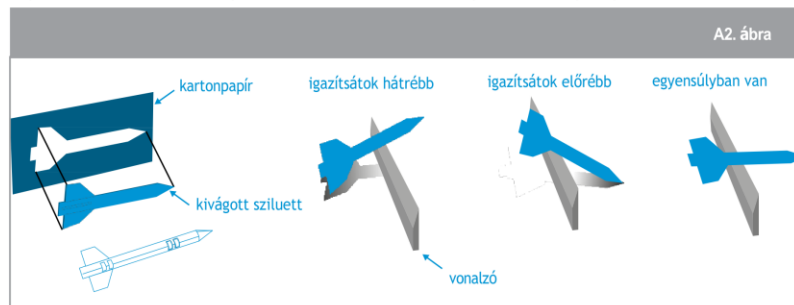
Gyakorlat

1. Építsetek egy tetszőleges papírrakétát a rendelkezésetekre bocsátott eszközökkel. Bátran használjátok a fantáziátokat, csupán az a megkötés, hogy a rakéta beférjen a kilövőrendszerbe.
2. Keressétek meg a rakéta tömegközéppontját (TKp). Ez a pont képviseli a tömeg átlagos helyzetét egy testben vagy rendszerben. Úgy találhatjátok meg, hogy a képen látható módon egy zsinórt köttök a rakéta köré, és azzal egyensúlyozzátok. Jelöljétek be ceruzával.



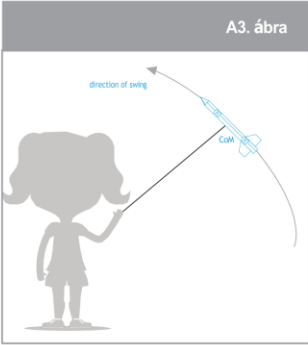
↑ Így azonosíthatjátok a papírrakéta tömegközéppontját: egy zsinóron lógatva állítsátok egyensúlyi helyzetbe. A tömegközéppont ott lesz, ahol a zsinórt megkötöttétek.

3. Keressétek meg a rakéta nyomásközéppontját (NyKp). Ez a pont a rakétára ható nyomás átlagos helye, és ebben az esetben úgy találhatjátok meg, hogy azonosíthatjátok a rakéta vetületének egyensúlyi helyzetét. Ehhez vágjátok ki a rakéta sziluettjét kartonpapírból, és egy tárgy (pl. vonalzó) élén egyensúlyozzátok ki. Ha megtaláltátok, jelöljétek be ceruzával.



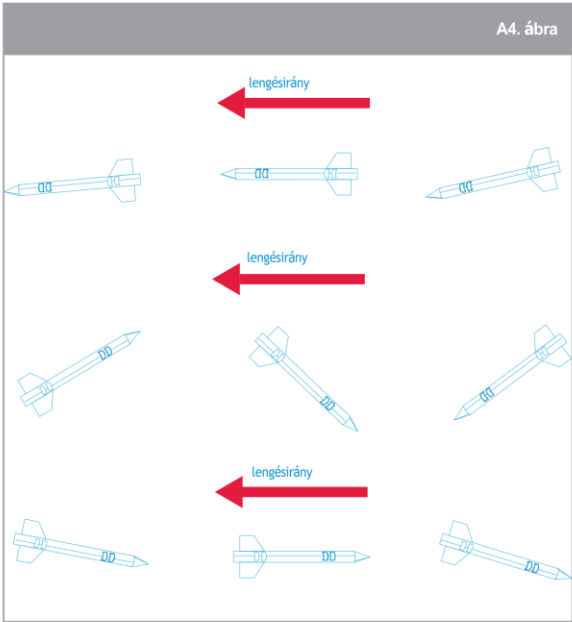
↑ Így azonosíthatjátok a rakéta nyomásközéppontját: egy vonalzó élén állítsátok egyensúlyi helyzetbe a rakéta kartonból kivágott sziluettjét.

- Mekkora a tömeg- és nyomásközéppont közötti távolság? _____ cm
- A nyomásközéppont a tömegközéppont előtt helyezkedik el? Igen / Nem
- A szélcsatornatesztet szimulálhatjátok egy lengéstezzttel: kössetek zsinórt a rakéta tömegközéppontjához, és lendítsétek körbe az ábrán látható módon:



Elemezzétek a saját és a többi csoport rakétáinak stabilitását. Próbáljátok meg játszani a tömegközépponttal úgy, hogy az orrkúpba vagy a hátsó részbe tesztek némi súlyt. Mit gondoltok, mi a tömegközéppont (TKp) relatív helyzete a nyomásközépponhoz (NyKp) képest az alábbi három példában?

↑ Így végezhetek lengéstezztet: kössetek zsinórt a rakéta tömegközéppontjához, és lendítsétek körbe.



A TKp helyzete a NyKp-hoz képest:

A TKp helyzete a NyKp-hoz képest:

A TKp helyzete a NyKp-hoz képest:

↑ Így mozoghatnak a rakéták a lengéstezzt során.

7. Végig menetirányban haladt a rakétátok a lengéstezt során? Ha nem, szerintetek min kellene változtatni?
8. Adjatok hozzá további változókat a táblázathoz, és gondoljátok át, hogyan tudnátok módosítani a változókat annak érdekében, hogy a rakétátok stabilabb legyen.

A1. táblázat	
Változó	Leírás
Szárnyak száma	
Szárnyak mérete és formája	

↑ A rakéta kialakításának változói és azok hatása a stabilitásra.

9. Adjatok a rakétának egy ütős nevet: _____

Tudtad?

Egy rakéta több kisebb rakétára (úgynevezett fokozatra) oszlik. Minden kisebb rakéta saját hajtóművel és üzemanyagtartálékkal rendelkezik. A rakéta eleje, az úgynevezett orrkúp szállítja a rakományt, általában műholdakat vagy űrhajósokat.

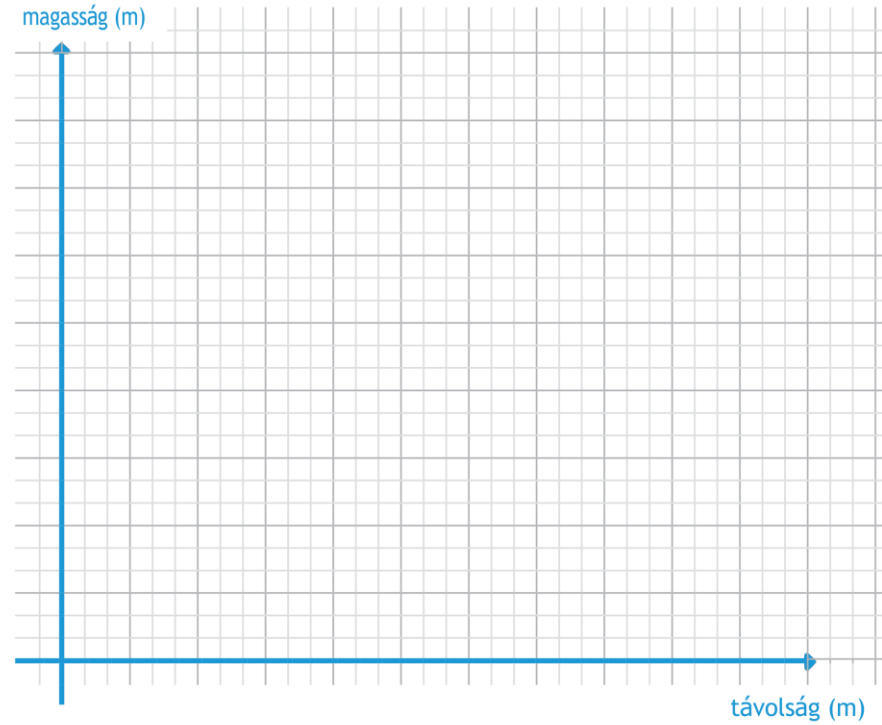


→ **2. tevékenység: Kilövésre felkészülni!**

Készen álltok a rakéta kilövésére? Egy jól megépített papírrakéta akár 30 m-nél is messzebb juthat! A tevékenység során a kilövési adatok alapján kiszámítjátok a rakéta sebességét, és kiderítitek, milyen gyorsan kellene repülnie ahhoz, hogy eljusson a Holdra.

Gyakorlat

1. Kilövés előtt rajzoljátok meg a rakéta várható röppályát, földről történő indítás esetén.



2. A földről milyen szögben kell kilőni a rakétát ahhoz, hogy a lehető legmesszebb jusson?

3. Hány méter távolságra ért földet a rakéta a kilövőállástól?

4. A rakéta a várt pályát követte? [Igen](#) / [Nem](#)

Az eredményeitek alapján soroljatok fel három lehetséges feltételt, amelyek a kilövésnél befolyásolták a rakéta röppályáját.

a.

b.

c.

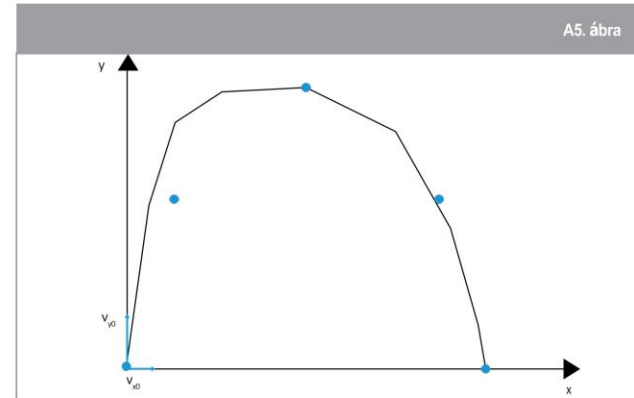
5. Rajzoljatok egy erődiagramot, amely ábrázolja azokat az erőket, amelyek szerintetek egy hajtóművel működő rakétára hatnak a kilövés pillanatában.

6. a. Szerintetek meddig tart egy valódi, hajtóművel működő rakéta esetében a kilövés fázisa? És a papírrakéta esetében?

b. Írjátok le a rakétára ható erőrendszer eredőjének egyenletét (csak a rakéta mozgásirányába ható erőket vegyétek figyelembe).

c. Fejezzétek ki a rakéta gyorsulását.

7. a. Egészítsétek ki a grafikont a rakéta vízszintes sebességkomponensével (v_x) és függőleges sebességkomponensével (v_y) az alábbi parabolán jelölt pontokban. Segítségképp megrajzoltuk a v_{x0} és v_{y0} kiindulási sebesség vektorokat. Vegyétek számításba a rakétára a repülés során ható erőket is, és gondolkodjatok el azon, hogy miért az adott röppályát követi a rakéta. A légellenállás hatását ebben a példában figyelmen kívül hagyjuk.



↑ A papírrakéták parabola alakú röppályája.

- b. Írjátok le a sebesség változását a grafikonon.

8. Ha egy tárgy a Föld felszíne közelében (ahol feltételezhetjük, hogy a gravitációs mező egyenletes) parabola alakú pályát követ, esetében a távolság, a sebesség és az indítás szöge a következőképpen függ egymástól:

$$d = \frac{v^2 \sin(2\alpha)}{g}$$

ahol:
 d = távolság [m]
 v = sebesség [m/s]
 α = indítási szög
 g = gravitációs gyorsulás [m/s^2]

Rendezzétek át a fenti egyenletet a sebességre:

9. Használjátok a rakéta röptávolságára vonatkozó mérési eredményt (m) az előző feladatból. A 8. kérdésben szereplő egyenlet segítségével számítsátok ki a rakéta sebességét a kilövőállás elhagyásának pillanatában. Használjátok a $g=9,81 \text{ m/s}^2$ egyenletet.

10. Számítsátok át az eredményt km/h-ra: _____
11. Most, hogy megkaptátok a rakéták sebességét, vizsgáljátok meg, hogyan juthattok el a Holdra! Ehhez el kell érnetek a **szökési sebességet**, amelyet a következőképpen határozzunk meg:

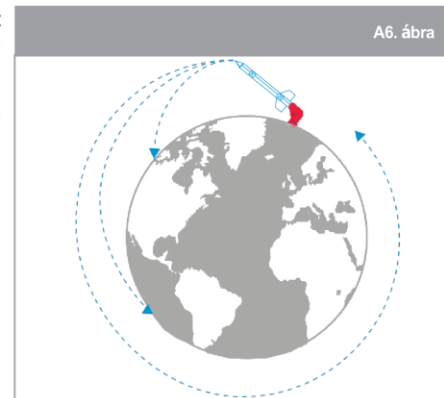
$$v_c = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

G a gravitációs állandó, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$,

M a Föld tömege, $M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$,
r a Föld sugara, $r = 6371 \text{ km}$.

Számítsátok ki a szökési sebességet a Föld esetében.

Mivel a Föld esetében a szökési sebesség nagy, a rakétákat pályára állítjuk, mielőtt végrehajtanánk velük az űrben való továbbutazáshoz szükséges manővereket. Ha a rakétákat egyenesen felfelé lőnénk ki, hamar visszaesnének a Földre. Ehelyett nagy tangenciális (érintőirányú, azaz a Föld felszínével párhuzamos) sebességgel kell elindítani őket.



↑ Nagy tangenciális (érintőirányú, azaz a Föld felszínével párhuzamos) sebességgel kilőtt rakéta pályája. A kellő sebességgel indított rakéta képes Föld körüli pályára állni.

12. Minél nagyobb a rakéta sebessége, annál messzebbre jut, mielőtt visszazuhanna a Földre. Egy bizonyos sebességet elérve azonban már nem esik vissza, hanem Föld körüli pályára áll. Ezt a sebességet nevezzük első kozmikus sebességnek (körsebesség), amely a következő egyenlettel számítható ki:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

G = gravitációs állandó

r = a pálya sugara (a Föld sugara hozzáadva a keringési pálya magasságához)

M = a Föld tömege

Számítsátok ki, mekkora sebességre van szükség egy űrhajó Föld körüli pályára állításához 300 km magasságban.

13. Hányszorosa ez a sebesség a rakéták sebességének?

14. Képzeljük azt, hogy a Holdra szállást követően vissza szeretnénk térni a Földre, vagy a Holdról tovább akarunk utazni az űrbe. Ehhez el kell tudnunk hagyni a Holdat. A szökési sebesség egyenesen arányos az objektum tömegével és fordítottan arányos az objektum sugarával.

$$M_{\text{Hold}} = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Hold}} = 1737 \text{ km}$$

A Hold vagy a Föld esetében nagyobb a szökési sebesség? _____

15. GSzámítsátok ki a szökési sebességet a Hold esetében:

16. Vitassátok meg, miért jó kiindulópont a Hold az űrben való továbbutazáshoz.

Tudtad?

Európa űrrepülőtere a dél-amerikai Francia Guyanában található, közel az Egyenlítőhöz. A Föld forgása az Egyenlítőnél a leggyorsabb. A rakéták ki tudják használni ezt a „csúzli” hatást, amely 460 m/s-mal növeli meg a sebességüket, ennek köszönhetően pedig üzemanyag és pénz takarítható meg. A helyszín a geostacionárius transzfer pályára történő állításokhoz is ideális, mert így a műhold pályáján csak kevés változtatást kell végrehajtani.



→ 3. tevékenység: Ember a fedélzeten

A tevékenység során azt vizsgáljuk, milyen fontos tényezők a gyorsulás és az erőhatások az emberes küldetések szempontjából.

Gyakorlat

Elemezzük tovább a papírrakéta kilövését. A 2. tevékenység 9. kérdésében kiszámítottuk a rakéta sebességét (v) a kilövőállás elhagyásának pillanatában. A kilövés előtt a rakéta a kilövőcsőben volt, a kiindulási sebessége (u) tehát 0 m/s. Becsüljük meg a rakéta gyorsulását e rendkívül rövid idő alatt.

$$(1) \quad a = \frac{v - u}{t}$$

ahol

u = kiindulási sebesség

v = kilövési sebesség

a = gyorsulás

t = idő

Nehéz azonban megmérni azt az időtartamot, ami alatt a rakéta elhagyja a csövet.

Írjuk át ezért az egyenletet úgy, hogy kihagyjuk az időt. Használhatjuk azt a közelítést, hogy a megtett távolság (s , ami ebben az esetben a kilövőcső hossza) egyenlő az átlagsebesség és az idő szorzatával:

$$(2) \quad s = \frac{(u + v)}{2} t$$

1. Az (1) és (2) egyenletek segítségével fejezzük ki a gyorsulást (a).

2. Állandó gyorsulást feltételezve számítsuk ki az egyenlet segítségével a rakéta gyorsulását közvetlenül a kilövőállvány elhagyása előtt. Legyen a kilövőcső hossza (s) 30 cm, és használjuk a 2. tevékenységben kiszámított sebességet (ha nem számoltunk sebességet, legyen ez az érték 19,81 ms⁻¹).

Tudtad?

A G-erő valójában nem egy erő, hanem egy tárgy teljes gyorsulásának a Föld gravitációjából eredő gyorsuláshoz viszonyított aránya. A nagy G-erőknek való kitettség különböző módon hathat ránk. Például egy arcra adott pofon kis időre több száz G-t fejthet ki helyileg, mégis viszonylag kevés kárt okoz. A 16 G erőhatásnak egy percen keresztül való folyamatos kitettség viszont halálos lehet. Az űrhajósok a kilövés során általában 3–6 G-hatást tapasztalnak. Ezt azért képesek elviselni, mert a képen látható módon centrifugában edzik őket.



Számítsátok ki, hogy egy űrhajós a papírrakétákban mekkora G-erőt tapasztalna a kilövés során. Ehhez a 2. kérdésben kiszámított gyorsulást osszátok el a következő értékkel: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Az Európai Űrügynökség segédanyagai

Egy egyszerű, 3D nyomtatással elkészíthető kilövőkar modellje

<https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/1PBL.zip>

Holdtábor-kihívás

esa.int/Education/Moon_Camp

Animációk a Holdra szállásról

esa.int/Education/Teach_with_the_Moon/Travelling_to_the_Moon

Oktatási segédanyagok esa.int/Education/Classroom_resources

Hogyan működnek a rakéták?

esa.int/kids/en/learn/Tech_nology/Rockets/How_does_a_rocket_work

Az Európai Űrügynökség űrprogramjai

Orion

esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Orion

ESA hordozórakéták

esa.int/Our_Activities/Space_Transportation/Launch_vehicles/Europe's_launchers

ESA űrszállítás

esa.int/Our_Activities/Space_Transportation

Ariane 6 ariane6.esa.int

Európa űrrepülőtere blogs.esa.int/spaceport

További információk

Open rocket - ingyenes rakétaszimulációs eszköz <http://openrocket.info>

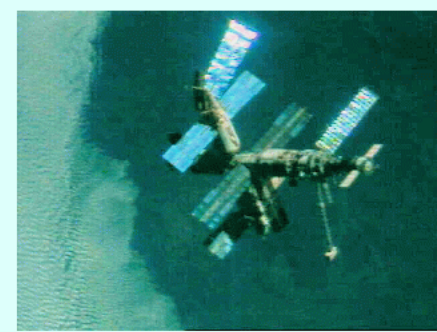
Irány az űr! De melyik rakétával?

esa.int/spaceimages/Images/2019/06/To_space!_But_on_which_rocket



Jonathan's Space Report

Current Issue



[For STOP PRESS edition click [HERE](#)]

- [Home](#)
- [Astronautics](#)
 - [JSR Current Issue](#)
 - [JSR Next Issue](#)
 - [JSR back issues.](#)
 - [Geostationary satellite log](#)
 - [Orbital launch log](#)
 - [Satellite catalog](#)
- [Astrophysics](#)

Jonathan's Space Report
No. 837

2024 Sep 25 Somerville, MA

International Space Station

Expedition 71 continued until Sep 23. Crew in early Sep were Oleg Kononenko (ISS commander), Nikolai Chub, Matthew Dominick, Michael Barratt, Jeanette Epps, Aleksandr Grebyonkin, Tracy Dyson, Barry Wilmore and Sunita Williams.

The Cygnus NG-21 cargo ship fired its engines for a 19 min, 1.1m/s ISS reboost burn on Aug 22.

JSR Launch Logs

Jonathan C. McDowell

Launch Log

The master list of satellite orbital launches and launch attempts.

[Astronautics Home](#)

[Launch Log](#) [[Docs](#) [Data](#)]

[Annotated US Satellite Catalog](#) [[Docs](#) [Data](#)]

[Geostationary Orbit Catalog](#) [[Docs](#) [Data](#)]

Additional documentation:

- [Orbital elements](#)
- [Orbital categories](#)

Full master orbital list	Text file	Special/marginal cases included
Standard master orbital list	Text file	Special/marginal cases excluded

At the time of writing, this is the most complete list available with accurate launch times: I've managed to track down a lot of launch times (to the minute) that were previously unavailable. There may be some errors in this list, if you spot any please let me know.

Launch: The international designation. For failed launches, the designation is one I have assigned. Pad explosions during prelaunch preps have not been included.

^ 1. melléklet: Egyszerű rakétakilövő rendszer készítése

Egy műanyag palack és egy 3D nyomtatott kilövőkar segítségével készítsünk kilövőállványt, amellyel a tanulók kilőhetik a papírrakétáikat. A kilövőkar <https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/1PBL.zip> 3D kinyomtatásához használhatunk saját 3D nyomtatót, egy MakerSpace (vagy azzal egyenértékű) 3D nyomtatót, vagy pedig egy tárgyak fájlból történő kinyomtatására alkalmas online szolgáltatást. 3D nyomtatás helyett barkácsolhatunk is kilövőkart kartonpapírból vagy műanyag könyökcsőből.

Eszközök

- 1 db A4-es papírlap
- 3D nyomtatott kilövőkar
- fél literes műanyag palack

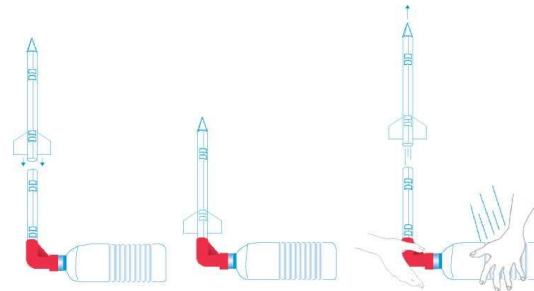
Elkészítés

1. Szorosan tekerjük fel a papírlapot.
2. Helyezzük a feltekert lapot a kilövőkar nyílásába, és engedjük el, hogy felvehesse a nyílás méretét.
3. A műanyag palackot tekerjük bele a kilövőkar másik nyílásába.
4. Kész is a rakétakilövő rendszer.



Használat

1. Csúsztassuk a rakétát a kilövőkarhoz csatlakoztatott papírcsőre.
2. Helyezzük a földre rakétakilövő rendszert a rakétával együtt.
3. A kilövéshez lépünk rá a palackra, vagy erősen nyomjuk meg.



^ 2. melléklet: Nyomás alatt álló kilövőállvány készítése

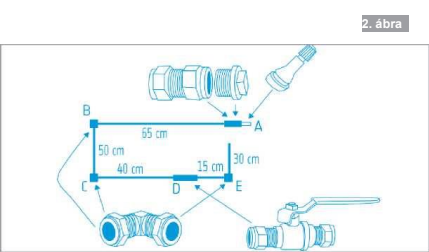
Útmutató egy sűrített levegővel működő rakétakilövő állvány elkészítéséhez.

Eszközök

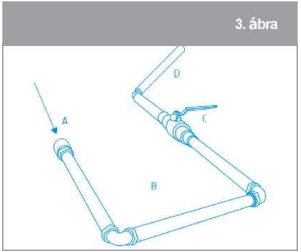
- rézcsövek (átmérő: 22 mm, hosszúság: 65 cm, 50 cm, 40 cm, 30 cm, 15 cm)
- 3 könyök csatlakozó
- 1 csőcsatlakozó (az egyik végén normál csatlakozóval, a másikon belső csatlakozóval)
- 1 csődugó
- 1 golyóscsap
- 1 légszelep
- légszivattyú vagy légkompresszor

Elkészítés

1. Fúrjunk lyukat a csődugóba, és helyezzük be a szelepet.
2. Csatlakoztassuk a szelepet a csőcsatlakozóhoz.
3. Nem szabad túlságosan meghúzni a harmadik könyök csatlakozót, mert ezzel tudjuk változtatni a kilövési szöget.
4. Csatlakoztassuk a többi csövet és csőcsatlakozót az alábbiak szerint:



T Így készül a rakétakilövő rendszer. A - az egyenes szerelvény, a csődugó és a szelep csatlakozása; B - könyök csatlakozó; C - könyök csatlakozó; D - golyóscsap a rakétakilövő rendszeren belüli nyomás levezetésére; E - harmadik könyök csatlakozó



T Az elkészült rakétakilövő rendszer.

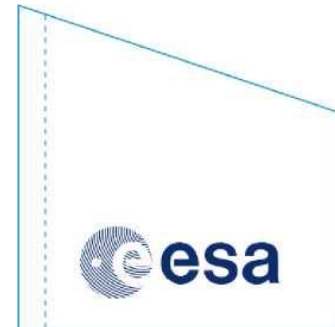
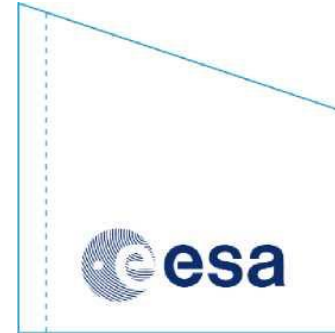
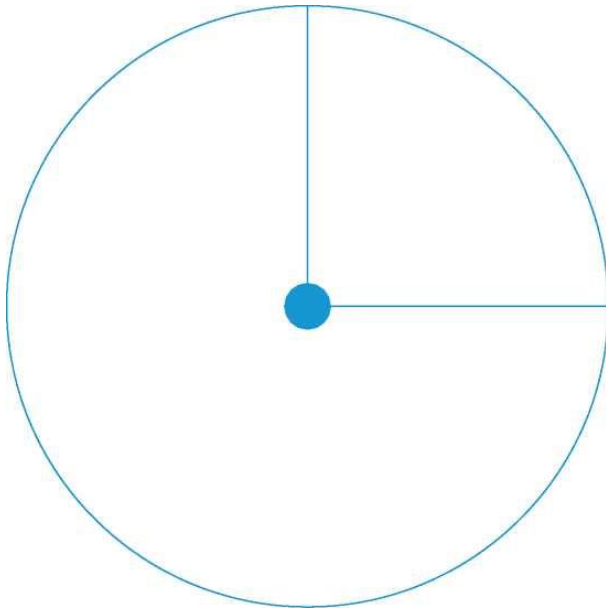
Használat

1. Állítsuk be a rakétakilövő rendszer szögét.
2. Zárjuk el a szelepet, hogy a levegő ne tudjon távozni.
3. Egy biciklipumpával pumpáljuk a rendszert maximum 7 bar nyomásig.
4. Nyissuk ki a szelepet, és engedjük be a sűrített levegőt a rendszerbe (ez lövi ki a rakétát).

Egészségügyi és biztonsági szabályok

- Rendszeresen ellenőrizzük és húzzuk meg a csőcsatlakozásokat, mert a használat során meglazulhatnak.
- Tartsuk a lábunkat a rakétakilövő rendszeren, hogy el ne mozduljon.
- Tilos a nyomás alatt álló rakétakilövő rendszer elé állni.
- A maximális nyomás 7 bar vagy 101 psi.

^ 3. melléklet: Szárny- és orrkúpsablont az 1. tevékenységhez



→ 4. melléklet: Táblázat a rakéták által megtett távolság feljegyzéséhez

[illegible]

Polybutadiene acrylonitrile

5 languages

Article Talk

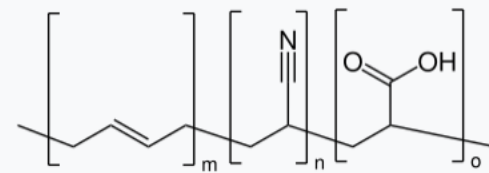
Read Edit View history Tools

From Wikipedia, the free encyclopedia

Polybutadiene acrylonitrile (PBAN)^[1] [copolymer](#), also noted as [polybutadiene—acrylic acid—acrylonitrile terpolymer](#)^[2] is a copolymer compound used most frequently as a rocket propellant fuel mixed with [ammonium perchlorate](#) oxidizer.^[3] It was the binder formulation widely used on the 1960s–1970s big [boosters](#) (e.g., [Titan III](#) and [Space Shuttle SRBs](#)). It is also notably used in NASA's [Space Launch System](#),^[4] likely reusing the design from its Space Shuttle counterpart.

Polybutadiene acrylonitrile is also sometimes used by amateurs due to simplicity, very low cost, and lower toxicity than the more common [hydroxyl-terminated polybutadiene](#) (HTPB). HTPB uses [isocyanates](#) for curing, which have a relatively quick curing time; however, they are also generally toxic. PBAN based [composite propellants](#) also have a slightly higher performance than HTPB based propellants.^[5] PBAN is normally cured with the addition of an [epoxy](#) resin, taking several days at elevated temperatures to cure.

Polybutadiene acrylonitrile



Identifiers

CAS Number	106974-60-1 ↗ 9003-18-3 ↗
ChemSpider	136656 ↗
EC Number	618-357-1
PubChem CID	168343 ↗
CompTox Dashboard (EPA)	DTXSID30895082 ↗

Except where otherwise noted, data are given for materials in their [standard state](#) (at 25 °C [77 °F], 100 kPa).

Infobox references