

EXPLORAREA SPAȚIULUI

SPACE EXPLORATION

Daniela ETVEȘ (PARASCHIV), Daniel STOICA

Facultatea de Inginerie Mecanică și Robotică în Construcții – UTCB

E-mail: danielaetves26@gmail.com ; stoicadaniel1992@yahoo.com

Rezumat. *Lucrarea analizează evoluția conceptelor de viteze cosmice, de la primele teorii ale lui Isaac Newton la aplicațiile spațiale moderne. Sunt detaliate cele patru viteze cosmice, comparând relațiile și aplicațiile practice. O contribuție originală este integrarea formulelor pentru vitezele cosmice și analiza tehnicii de asistență gravitațională, utilizată de Voyager 1 pentru a atinge viteza necesară explorării interstelare. Se evidențiază importanța conservării energiei și a impulsului în depășirea limitelor gravitaționale.*

Cuvinte cheie: *explorarea spațiului, viteze cosmice, gravitație, evadare gravitațională, Isaac Newton, Voyager 1, asistență gravitațională, orbitare, viteză interstelară, tehnologie spațială.*

Abstract. *The paper analyzes the evolution of cosmic velocity concepts, from Isaac Newton's early theories to modern space applications. It details the four cosmic velocities, comparing their relationships and practical uses. An original contribution is the integration of formulas for cosmic velocities and the analysis of the gravitational assist technique, employed by Voyager 1 to achieve the speed required for interstellar exploration. The importance of energy and momentum conservation in overcoming gravitational boundaries is highlighted.*

Key words: *space exploration, cosmic velocities, gravity, gravitational escape, Isaac Newton, Voyager 1, gravitational assist, orbiting, interstellar velocity, space technology.*

1. Introducere

Primul care a formulat conceptele fundamentale legate de viteza cosmică a fost Isaac Newton. În secolul XVII, Newton a revoluționat știința cu legea gravitației universale și legile mișcării, explicând modul în care forțele gravitaționale influențează traiectoriile obiectelor. Prin experimentul teoretic „cannonball”, el a ilustrat cum un obiect lansat cu o viteză suficientă, poate orbita Pământul, deschizând astfel drumul spre înțelegerea vitezelor cosmice. Descoperirile lui Newton au stat la baza dezvoltării tehnologiilor spațiale moderne și ne-au permis să ne gândim la explorarea dincolo de limitele planetei noastre.

Altfel, în secolul XIX, s-a dezvoltat și viteza cosmică cu nr. 2, numită și teoria vitezei de evadare. Matematicianul britanic Lord Kelvin și alți fizicieni ai epocii au explorat ideea vitezei de evadare, dezvoltând formule bazate pe gravitație. Conceptul de a două viteze cosmice, necesare pentru ca un obiect să scape din câmpul gravitațional al unui corp ceresc, s-a conturat în acea perioadă. Prin urmare, calculele vitezelor necesare pentru evadarea gravitațională s-au bazat pe legea atracției gravitaționale a lui Newton și a fost aplicată pentru obiecte care ar putea scăpa de gravitația Pământului.

În secolul XX, pe măsură ce rachetele și tehnologia spațială au avansat, au fost posibile lansări reale la viteze cosmice. La mijlocul anilor 1950 și 1960, Uniunea Sovietică și Statele Unite au concurat pentru a atinge și a depăși prima și a doua viteză cosmică.

În 1957, Uniunea Sovietică a lansat Sputnik 1, primul satelit artificial, care a atins prima viteză cosmică și a intrat pe o orbită joasă în jurul Pământului, iar în 1959, aceștia, au trimis și sonda Luna 1,

prima sondă care a atins a doua viteză cosmică, scăpând din câmpul gravitațional al Pământului și devenind primul obiect lansat de om care a ajuns în vecinătatea Lunii.

În zilele noastre, extinderea conceptului către viteza interstelară, numită, a treia și a patra viteză cosmică, s-a dezvoltat odată cu determinarea pentru explorarea interstelară și intergalactică.

A patra viteză cosmică este un concept teoretic folosit pentru a calcula viteza necesară pentru a scăpa din galaxia Calea Lactee, însă, în prezent nu există tehnologia necesară pentru a atinge o astfel de viteză.

Astfel, conceptele celor patru viteze cosmice au evoluat de la idei pur teoretice, la aplicații practice în explorarea spațială, fiecare marcând o etapă majoră în evadarea gravitațională și extinderea limitei explorării umane în univers.

Obiectivele lucrării sunt:

- I. Să analizeze cele patru viteze cosmice, comparând relațiile lor și aplicațiile practice;
- II. Să evidențieze tehnica de asistență gravitațională utilizată de Voyager 1;
- III. Să sublinieze relevanța acestor concepte care au la bază descoperirile din secolul XVII;

2. Conținutul lucrării

ASEMĂNĂRI ȘI COMPARAȚII ÎNTRE CELE 4 VITEZE COSMICE:

1. Toate au la bază legea gravitației universale;
 - Fiecare dintre vitezele cosmice este determinată de atracția gravitațională a unui corp ceresc (Pământ, Soare sau galaxia Calea Lactee).
2. Sunt viteze minime necesare pentru evadare;
 - Fiecare viteză cosmică reprezintă viteza minimă necesară pentru a depăși un anumit câmp gravitațional și a permite evadarea.
3. Fiecare necesită un impuls de energie specific;
 - Deși nivelul de energie variază pentru fiecare viteză cosmică, toate implică necesitatea unei energii calculate exact pentru a atinge viteza respectivă. Pentru a ajunge la fiecare dintre aceste viteze, se folosește aceeași formulă bazată pe conservarea energiei (energia cinetică și potențială gravitațională), astfel încât corpul să depășească atracția gravitațională respectivă.
4. Toate sunt folosite în explorarea spațiului;
 - Cele patru viteze cosmice sunt etape-cheie în înțelegerea limitelor gravitaționale din perspectiva explorării spațiale.
5. Relația de proporționalitate între ele;
 - Vitezele cosmice sunt proporționale, fiecare reprezentând un multiplu al celor anterioare.
6. Toate au la bază ideea de orbitare sau evadare;
 - Fiecare viteză cosmică poate fi considerată o variantă a unui traseu orbital sau de evadare.

Prin aceste asemănări, vitezele cosmice sunt interconectate și ilustrează progresul etapizat în depășirea câmpurilor gravitaționale, permițând extinderea explorării spațiale la scară tot mai mare.

Compararea celor patru viteze cosmice oferă o perspectivă asupra diferitelor praguri de energie necesare pentru a scăpa din câmpurile gravitaționale ale Pământului, Soarelui și chiar ale galaxiei noastre. Fiecare viteză cosmică este un pas spre depășirea unei limite gravitaționale specifice, iar comparațiile între ele evidențiază scopurile diferitelor misiuni spațiale și provocările tehnice asociate.

1. Valorile celor 5 viteze cosmice:

- ✓ Prima viteză cosmică este de aproximativ 7,9 km/s;

EXPLORAREA SPAȚIULUI

- ✓ A doua viteză cosmică este de aproximativ 11,2 km/s;
- ✓ A treia viteză cosmică este de aproximativ 16,7 km/s;
- ✓ A patra viteză cosmică este estimată la aproximativ 550 km/s;

2. Comparații între energiile vitezelor:

- ✓ Energia necesară crește exponențial de la prima la a patra viteză cosmică. Fiecare prag de viteză cosmică necesită un impuls semnificativ mai mare, datorită energiei tot mai mari necesare pentru a depăși câmpuri gravitaționale din ce în ce mai extinse.
- ✓ Prima și a doua viteză cosmică sunt realizabile cu tehnologia actuală și au fost atinse de numeroase rachete și misiuni spațiale.
- ✓ A treia viteză cosmică a fost atinsă doar de câteva sonde (precum Voyager 1 și 2), iar a patra rămâne în domeniul teoriei, din cauza energiei extrem de mari necesare.

3. Comparația între aplicațiile practice:

- ✓ Prima și a doua viteză cosmică sunt esențiale pentru misiunile spațiale obișnuite, inclusiv sateliți, misiuni pe orbită joasă și misiuni către Lună sau Marte.
- ✓ A treia viteză cosmică este relevantă pentru explorarea interstelară, fiind atinsă de sondele Voyager.
- ✓ A patra viteză cosmică reprezintă o frontieră teoretică, fiind vizată doar de proiecte speculative pentru viitorul îndepărtat.
- ✓ Comparând aceste viteze, se observă o scară de complexitate și de provocări tehnice tot mai mari, fiecare etapă fiind un pas mai departe în evadarea din câmpurile gravitaționale și extinderea explorării umane în univers.

3. Ecuații

NR.	DENUMIRE	INDICE	FORMULA	DESCRIERE
1	Prima viteză cosmică	(v_1)	$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$	○ G este <u>constanta gravitațională</u> ($6.674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$) ○ M este masa <u>Pământului</u> (aproximativ $5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$) ○ R este raza <u>Pământului</u> (aproximativ $6.371 \times 10^6 \text{ m}$)
2	A doua viteză cosmică	(v_2)	$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2} \cdot v_1$	
3	A treia viteză cosmică	(v_3)	$v_3 = \sqrt{\frac{2GM_S}{d_{p-s}}}$	○ M_s este masa <u>Soarelui</u> ($\approx 1.989 \times 10^{30}$) ○ d_{p-s} este <u>distanța medie dintre Pământ și Soare</u> ($\approx 1.496 \times 10^{11} \text{ m}$)
4	A patra viteză cosmică	(v_4)	$v_4 \approx \sqrt{\frac{2GM_g}{d_g}}$	○ M_g este masa <u>Căii Lactee</u> (estimativ $\approx 1.5 \times 10^{42} \text{ kg}$, <u>deși masa exactă este dificil de determinat</u>). ○ d_g este <u>distanța aproximativă de la poziția noastră până la centrul galaxiei</u> (aproximativ 26.000 de ani-lumină, sau $\approx 2.46 \times 10^{20} \text{ m}$).

4. Concluzii

În domeniul mecanicii, relațiile dintre vitezele cosmice reflectă modul în care legile fundamentale ale fizicii pot fi aplicate pentru a depăși limitele gravitaționale și a explora noi orizonturi.

Vitezele cosmice definesc pragurile gravitaționale ale explorării spațiale, iar Voyager 1 a demonstrat cum aceste limite pot fi depășite treptat, cu ajutorul asistenței gravitaționale. În esență, vitezele cosmice ghidează felul în care ne putem extinde explorarea dincolo de Pământ și de Soare, iar

în teorie, chiar și față de galaxia noastră. Voyager 1 este dovada că atingerea treptată a acestor viteze, deschide noi frontiere, de la orbite joase până la spațiul interstelar.

Referințe

- [1] Asimov Isaac – The Intelligent Man's Guide to Science; Basic Books, New York, 1960;
- [2] Bate, Roger R., Mueller, Donald D., White, Jerry E. – Fundamentals of Astrodynamics; Dover Publications, New York, 1971;
- [3] Bell Jim – The Interstellar Age: Inside the Forty-Year Voyager Mission; Dutton Books, New York, 2015;
- [4] Chaikin Andrew – A Man on the Moon: The Voyages of the Apollo; Time Life Education, New York, 1999;
- [5] Yoji Kondo, Frederick C. Bruhweiler, John Moore, Charles Sheffield – Interstellar Travel and Multi-Generational Space Ships; Apogee Books, Ontario, Canada, 2002;
- [6] Arnould E. Nicogossian, Richard S. Williams, Carolyn L. Huntoon, Charles R. Doarn, James D. Polk, Victor S. Schneider – Space Physiology and Medicine; Springer; 4th ed., New York, 2016;
- [7] Dunbar, Brian – NASA Voyager Fact Sheet; NASA Publications, 2012;
- [8] Harland, David M. – Voyager's Grand Tour: To the Outer Planets and Beyond; Springer Praxis Books, Chichester, UK, 2004;
- [9] Hohmann, Walter – Die Erreichbarkeit der Himmelskörper; De Gruyter Oldenbourg, Berlin, Reprint 2019 edition (April 1, 1925);
- [10] Giovanni Vulpetti – Solar Sails: A Novel Approach to Interplanetary Travel; Springer Praxis Books, Chichester, UK, 2008;
- [11] Jones, Eric M. – NASA Historical Series: The Development of Astronautical Engineering; NASA Archives, Washington, D.C., 1982;
- [12] Larson, Wiley J., Wertz, James R. – Space Mission Analysis and Design; Springer, New York, 1999;
- [13] Ley, Willy – Rockets, Missiles, and Space Travel; Buccaneer Books, New York, 1994;
- [14] Lodders, Katharina, Fegley, Bruce – The Planetary Scientist's Companion; Oxford University Press, Oxford, UK, 1998;
- [15] Newton Isaac – Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica; Legare Street Pr, 1687;
- [16] O'Leary, Beth Laura – Handbook of Space Engineering, Archaeology, and Heritage. CRC Press, Boca Raton, FL, 2009;
- [17] Sellers, Jerry Jon – Understanding Space: An Introduction to Astronautics; McGraw-Hill, 2000;
- [18] Spudis, Paul D. – The Once and Future Moon; Smithsonian Institution Press, McGraw-Hill, New York, 1996;
- [19] Vallado, David A. – Fundamentals of Astrodynamics and Applications; Microcosm Press, Torrance, CA, 2001;
- [20] How SpaceX Is Pioneering Space Exploration – Space Exploration Journal, Vol. **15**, No. **4**, 2023, pp. 25-40;
- [21] NASA Artemis Program: A New Era for Lunar Exploration – NASA Publications, Washington, D.C. 2023;
- [22] The Future of Interstellar Travel: Challenges and Opportunities – Astrophysics Today, Vol. **38**, No. **2**, 2022, pp. 55-72;
- [23] <https://science.nasa.gov/mission/voyager/voyager-1/>
- [24] <https://www.fizichim.ro/docs/fizica/clasa9/capitolul3-principii-si-legi-in-mecanica-clasica/III-7-legea-atractiei-universale/III-7-4-sateliti-artificiali-viteze-cosmice/>