

MIȘCAREA SATELIȚILOR ȘI VITEZELE COSMICE

Cristina Daniela APETROAEI*

Keywords: cosmic velocity, bodies into space, satellite, Earth, solar system.

Newton si-a dat seama că un proiectil lansat cu o viteză suficient de mare va putea să se rotească în jurul Pământului pe o orbită geostaționară. Dacă viteza crește și mai mult, vehiculul ar putea părăsi definitiv Pământul (**fig. nr. 1**)

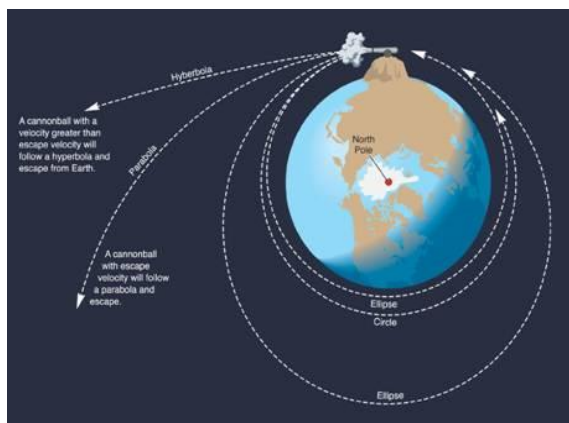


Figura nr. 1. Un proiectil poate descrie diferite traiectorii în funcție de viteza de lansare

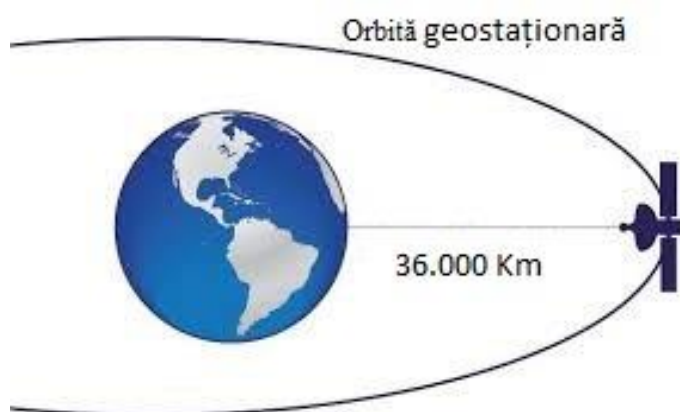


Figura nr. 2. Deplasarea unui satelit pe o orbită geostaționară

Potrivit principiului al II-lea al mecanicii clasice, o forță care acționează asupra unui corp îi imprimă acestuia o accelerație, adică $F = m \cdot a$.

În cazul unui corp aflat în rotație, accelerația este dată de expresia matematică $a = \frac{v^2}{R}$, deci $F = \frac{mv^2}{R}$.

Această forță este datorată atracției gravitaționale dintre Pământ și satelit ($F = \gamma \frac{mM}{R^2}$). Egalând cele două forțe rezultă:

$$\frac{mv^2}{R} = \gamma \frac{mM}{R^2} \quad (1)$$

Relația este valabilă pentru un satelit foarte aproape de Pământ ($r \approx R$), satelitul „zero”. În acest caz, din (1) obținem:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M}{R}} = \sqrt{g \cdot R} = 7,91 \text{ Km/s} \quad (2), \text{ care reprezintă prima viteză cosmică.}$$

Desprindem o observație: în stabilirea primei viteze cosmice s-a neglijat forța de rezistență a aerului.

H (km)	0	250	500	750	1.000	1.500	1.690	2.000	5.000
v^1_0	7,91	7,76	7,62	7,48	7,35	7,12	7,03	6,90	5,92
T (ore)	1,41	1,49	1,58	1,66	1,75	1,93	2,00	2,10	3,35

Tabel 1. Valoarea primei viteze cosmice descrește cu înălțimea

* Profesor, Colegiul Național “Gheorghe Vrânceanu”, Bacău.

Există o varietate de orbite diferite care pot fi adoptate de sateliți. Alegerea uneia dintre ele depinde de serviciul pe care trebuie să-l asigure satelitul și de aria pe care trebuie să o deservească.

În unele cazuri, orbita poate fi joasă, la numai 160 km, în timp ce în altele poate fi la peste 36000 km. Sateliții se rotesc în jurul Pământului, deci ei sunt atrași de forța gravitațională. Dacă nu ar avea o mișcare proprie, ar cădea înapoi pe Pământ, aprinzându-se în straturile superioare ale atmosferei. Însă, forța centrifugă împinge satelitul, îndepărtându-l de Pământ.

Pentru orice orbită dată există o viteză pentru care aceste două forțe se echilibrează. Evident, cu cât orbita este mai joasă, atracția gravitațională este mai mare și satelitul trebuie să se rotească în jurul Pământului mai repede, pentru a compensa această atracție. La înălțimi mari atracția gravitațională este mai mică și, deci, și viteza unghiulară trebuie să fie mai mică. Pentru o orbită foarte joasă, aflată la 160 km, este necesară o viteză de $21\ 160\text{ km/h} = 5,877\text{ km/s}$ și, deci, satelitul va înconjura Pământul în 90 minute. La o altitudine de 36 000 km, este necesară o viteză de aproape $11\ 265\text{ km/h} = 3,129\text{ km/s}$, dând o perioadă de rotație de 24 h (satelit geostaționar).

Un satelit poate înconjura Pământul pe două tipuri de orbite. Prima este orbita circulară, la care distanța față de Pământ rămâne constantă. Al doilea tip de orbită este cea eliptică (**fig. nr. 3**). Când un satelit înconjoară Pământul, orbita sa descrie un plan, care trece prin geocentru.

Rotația în jurul Pământului are și ea două variante. Ea poate fi în aceeași direcție cu rotația Pământului (directă) sau în sens invers rotației Pământului (retrogradă). Viteza este un factor important. Pentru o orbită circulară ea este mereu aceeași.

În cazul unei orbite eliptice, viteza se modifică în funcție de poziția pe orbită. Viteza este maximă atunci când satelitul este cel mai aproape de Pământ (perigeu) și trebuie să învingă forța gravitațională cea mai mare, și este minimă la depărtarea cea mai mare de Pământ (apogeu). Pentru o orbită eliptică, centrul Pământului se află într-unul din focarele elipsei (**fig. nr. 3**).

Un satelit se poate roti în jurul Pământului în diferite plane. Unghiul de înclinare al orbitei este unghiul dintre o dreaptă perpendiculară pe planul orbitei și dreapta care trece prin poli Pământului. Orbitele care trec pe deasupra ecuatorului se numesc orbite ecuatoriale, iar cele care trec peste poli se numesc orbite polare.

Sateliții artificiali utilizați se clasifică astfel:

1. După caracterul acestora:
 - Sateliți pasivi, care nu au la bord aparatură; aceștia reprezintă un simplu mediu reflectant al undelor radio transmise de la sol;
 - Sateliți activi, care sunt dotați cu aparatură de prelucrare a semnalelor, de orientare în spațiu și de executare a comenzilor primite de la sol.
2. După modul de transmitere a informațiilor:
 - Sateliți cu răspuns în timp real, atunci când stațiile de la sol asigură vizibilitatea continuă a satelitelui;
 - Sateliți cu memorie (răspuns întârziat), atunci când pe anumite porțiuni ale traiectoriei acesta nu este vizibil de la sol și este necesar să se înregistreze toate informațiile, pe care să le transmită ulterior.
3. După forma traiectoriei, sateliții pot avea:
 - Orbită circulară
 - Orbită eliptică
4. După valoarea unghiului de înclinare a orbitei satelitelui (i), față de ecuatorul terestru:

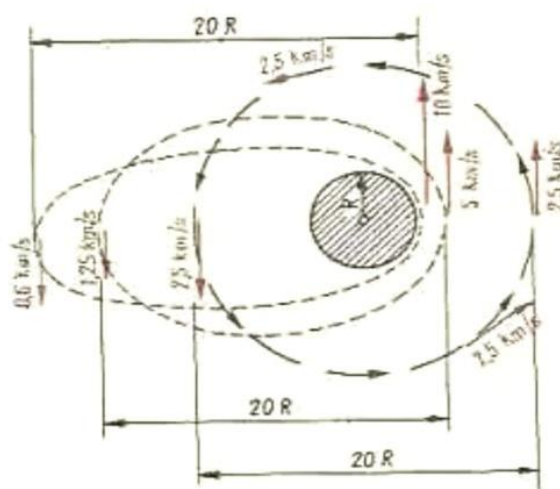


Figura nr. 3. *Orbitele sateliților și vitezele cosmice*

- pentru $i=0^\circ$, sateliți ecuatoriali;
 - pentru $i=90^\circ$, sateliți polari;
 - pentru valorile înclinării cuprinse între $10^\circ - 80^\circ$, sateliți obișnuiți.
5. Din punct de vedere al altitudinii:
- Sateliți de joasă altitudine, pentru altitudini cuprinse între 1000- 5000 km;
 - Sateliți de medie altitudine, plasați între 5000- 20 000 km;
 - Sateliți de mare altitudine, plasați între 20 000- 35 800 km.

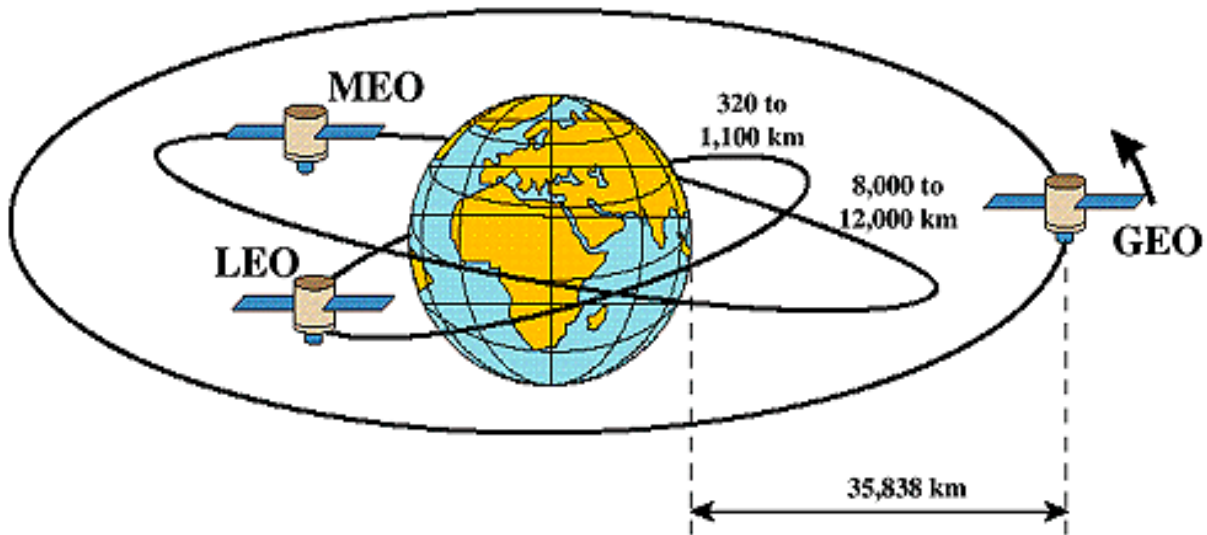


Figura nr. 4. Sateliți LEO, MEO, GEO

Problemele principale ale sateliților artificiali ai Pământului sunt:

- lansarea și plasarea pe orbită;
- funcționarea satelitului;
- menținerea legăturilor cu centrala de comandă de la sol;
- utilizarea acestora pentru rezolvarea problemelor de navigație maritimă sau aeriană, comunicații, cercetare științifică, explorarea spațiului extraterestru etc.

După plasarea acestuia pe orbită, este foarte importantă studiarea mișcării neperturbate a satelitului, precum și perturbațiile elementelor orbitale ale acestuia.

În funcție de viteza cosmică, obiectul lansat poate fi:

- satelit, cu mișcarea pe cerc sau pe elipsă;
- navă interplanetară, cu mișcarea pe parabolă sau pe hiperbolă.

A doua viteză cosmică, numită și viteză de eliberare din apropierea Pământului, este viteza pe care trebuie să o aibă, inițial, un corp, pentru ca acesta să iasă din câmpul gravitațional al Pământului. Valoarea ei este de 11,2 km/s.

A treia viteză cosmică este viteza inițială pe care trebuie să o aibă un corp pentru a părăsi sistemul solar și are valoarea de 16,7 km/s.

Sateliții artificiali au contribuit la rezolvarea unor probleme legate de:

- conducerea navelor maritime și a aeronavelor spațiale pe căile maritime sau aeriene de comunicații;
- determinarea poziției acestora și a elementelor de mișcare (cum sunt: viteza, accelerația, direcția de deplasare);
- avertizarea navelor asupra situațiilor de avarie, catastrofe, determinarea poziției unde s-au produs acestea și declanșarea acțiunilor de salvare;

- extinderea comunicațiilor și a transmisiunilor la mari distanțe, transmiterea informațiilor meteorologice permanente, prevenirea echipajelor despre apariția unor fenomene meteorologice sau hidrologice periculoase;



Figura nr. 5. *Satelit meteorologic*

- cercetarea suprafeței terestre;
- explorarea zonelor mari.

Folosirea sateliților artificiali pornește de la o serie de proprietăți ale acestora, cum ar fi:

- acoperire globală;
- acțiune rapidă;
- probabilitate mare de determinare a parametrilor de navigație cu erori mici, în orice zonă terestră, indiferent de poziția și timpul de mișcare ale navelor maritime sau aeronavelor;
- rezolvarea problemelor de navigație în orice fel de condiții meteorologice, ziua și noaptea, cu o mare precizie și în timp foarte scurt.

Concluzii:

Încă de la stabilirea expresiei forței gravitaționale, Newton a intuit posibilitatea trimiterii unor corpuri în spațiu. Dacă un corp este lansat pe orizontală, din vârful unui munte, cu viteze din ce în ce mai mari, va exista o viteză la care nu va mai cădea pe Pământ, reușind să efectueze o rotație completă în jurul acestuia.

Corpurile cărora li se imprimă o viteză mai mică decât prima viteză cosmică, vor cădea pe Pământ. La viteze mai mari, corpul va părăsi definitiv Pământul.

Bibliografie

Mitton Jacqueline, *Dictionary of Astronomy*, 1992, Ed. The Penguin, England.

THE MOVEMENT OF SATELLITES AND COSMIC SPEEDS

Newton guessed the possibility of sending bodies into space. The bodies whose velocity is lower than the first cosmic velocity will fall on the Earth, and if the velocity is higher the vehicle will leave the Earth for good.

For a satellite very close to Earth the first cosmic speed is 7,91 km/s; the value decreases with height.

The second cosmic speed is the speed that a body must initially have, to get out of the gravitational field of the Earth. Its value is 11,2 km/s.

The third cosmic speed is the initial speed that a body must have to leave the solar system and has a value of 16,7 km/s.

There are a variety of different orbits that can be adopted by satellites. The choice of one depends on the service that the satellite needs to provide and the area it needs to serve.