

UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA  
FACULTATEA DE MATEMATICA

LUCRARE DE DIPLOMA

CALCULUL ORBITELOR SI AL EFEMERIDELOR.  
APLICATII PE CALCULATOR

Absolvent  
promoția 1991 - anul V ,  
Ovidiu VADUVESCU

Conducător șt. ,  
lector dr.  
Ion COJOCARU

Cu recunoștință ,  
profesorului Matei Alexescu ,  
fără sprijinul căruia  
această lucrare nu s-ar fi  
realizat.

-CUPRINS-

NOTA INTRODUCATIVA

CAPITOLUL I - PROBLEMA CELOR DOUA CORPURI . . . . . p.1

1.1. Legile lui Kepler . . . . . p.1

1.2. Unități de distanță, timp și masă . . . . . p.5

1.3. Mișcarea eliptică . . . . . p.5

1.4. Ecuația lui Kepler . . . . . p.6

1.5. Mișcarea parabolică . . . . . p.8

1.6. Mișcarea hiperbolică . . . . . p.8

CAPITOLUL II - CALCULUL DE EFEMERIDA . . . . . p.11

2.1. Elementele orbitei . . . . . p.11

2.2. Calculul unei efemeride . . . . . p.12

2.3. Algoritmi de calcul. Exemplu numeric . . . . . p.13

CAPITOLUL III - CALCULUL ELEMENTELOR ORBITEI CU

AJUTORUL DATELOR HELIOCENTRICE . . . . . p.17

3.1. Determinarea elementelor, dacă se cunosc poziția  
și viteza inițială a astrului . . . . . p.17

3.2. Determinarea elementelor, cunoscând două poziții  
heliocentrice; poziția planului orbitei, argumentul  
latitudinii . . . . . p.19

3.3. Calculul elementelor orbitei eliptice în planul  
ei . . . . . p.20

3.4. Elementele orbitei parabolice în planul ei . . . . . p.25

3.5. Elementele orbitei hiperbolice . . . . . p.25

CAPITOLUL IV - DETERMINAREA ORBITEI PRIN OBSERVAȚII . . . . . p.29

4.1. Metoda lui Laplace . . . . . p.29

4.2. Algoritm de calcul. Exemplu numeric . . . . . p.31

4.3. Metoda lui Gauss . . . . . p.34

4.4. Expresiile ariilor triunghiurilor și rapoartele  
lor în funcție de timp . . . . . p.36

4.5. Discuția ecuațiilor lui Gauss;aproximații succesive . . . . .	p.39
4.6. Calculul coeficienților ecuației care dă $\varphi_1$ și $r_2$ . . . . .	p.42
4.7. Rezolvarea ecuațiilor în $\varphi_2$ și $r_2$ . . . . .	p. 45
4.8. Calculul coeficienților ecuațiilor care dau $\varphi_1$ și $\varphi_3$ . . . . .	p.46
4.9. Modificările lui Encke . . . . .	p.47
4.10. Algoritm de calcul.Exemplu numeric . . . . .	p.49
4.11. Considerații comparative asupra metodelor Laplace și Gauss . . . . .	p.52
CAPITOLUL V - AMELIORAREA ELEMENTELOR UNEI ORBITE	
APROXIMATIVE . . . . .	p.55
5.1. Metoda variației distanțelor geocentrice . . .	p.55
5.2. Metoda variației elementelor . . . . .	p.56
5.3. Metodă statistică . . . . .	p.60
CAPITOLUL VI - APLICATII PE CALCULATOR . . . . .	
6.1. Programul de calcul . . . . .	p.61
INDEX BIBLIOGRAFIC	

"Nimic nu este întâmplător, pentru că  
Dumnezeu nu joacă zaruri cu Universul"

Albert Einstein

În anul 1676, studentul Universității din Oxford, Edmund Halley își publică prima sa lucrare, un studiu al orbitelor planetare. El avea la bază tabelele conținând observații efectuate asupra planetelor, și legile lui Kepler, stabilite între 1609 și 1619.

Patru ani mai târziu, studiază tabele conținând elemente ale orbitelor unui număr de 24 de comete pe care le-a considerat suficient observate și găsește că trei erau aproape identice. Dar ceea ce îi reține cel mai mult atenția, sînt diferențele dintre trecerile la periheliu, care erau de circa 75-76 de ani. Și atunci Halley și-a pus întrebarea firească: oare cele trei comete apărute în 1531, 1607 și 1682 nu reprezintă de fapt una și aceeași cometă, care se va întoarce după un număr similar de ani?

Răspunsul, dat la numai 24 de ani ai tînărului profesor de geometrie, a fost pozitiv și prezicea reapariția ei prin anul 1758. Din nefericire, Halley a murit în 1742 și nu a mai apucat să-și verifice confirmarea ipotezelor asupra cometei. Aceasta a revenit însă fidelă la data prezisă, iar de atunci îi poartă, peste veacuri, numele.

În anii 1766-1772, studiind tabelul care dădea distanțele planetelor cunoscute față de Soare, Johann Titius și Johann Bode observă regula empirică (sau legea Titius-Bode), care afirmă că distanțele planetelor față de Soare, măsurate în raport cu distanța Soare-Pămînt, sînt date de formula  $d = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$ , unde  $n = -\infty$  pentru Mercur,  $n = 0$  pentru Venus,  $n = 1$  pentru Pămînt șamd.

În adevăr, șirurile de mai jos care dau distanța Titius-Bode, respectiv distanța reală a planetelor, se potriveau destul de bine, cu o singură excepție :

(0,4;0,7;1,0;1,6;2,8;5,2;10,0;19,6)

(0,4;0,7;1,0;1,5; ? ;5,2;9,5;19,1)

Se punea deci problema inexistenței unei planete între Marte și Jupiter. La 1 ianuarie 1801, astronomul italian Giuseppe Piazzi observă o mică stelută ce nu se găsea pe nici o hartă, și care se deplasa încet, de la o zi la alta, printre stelele cunoscute. El comunică descoperirea și lui Bode, care nu poate însă s-o observe, deoarece aceasta se apropiase între timp de Soare, pierzându-se în razele lui. S-a pus atunci o problemă dificilă pentru acea vreme: oare după ce se va îndepărta de Soare, cunoscându-se datele observațiilor lui Piazzi, unde va putea fi regăsită pe cer presupusa planetă "?" ?

Problema a fost rezolvată într-un mod strălucit de tânărul matematician în vârstă de 24 de ani, Karl Friedrich Gauss, autorul de drept al descoperirii lui Piazzi a primului asteroid cunoscut, botezat de atunci "Ceres".

În 1781, Herschel descoperă întâmplător prin observații, planeta Uranus. Astronomii calculează apoi cu mare precizie pozițiile planetei pe cer în funcție de timp. Comparând însă pozițiile calculate cu cele observate, se constată că au apărut diferențe din ce în ce mai mari. Nu se puteau da acestui fapt decât două interpretări: sau ar fi existat o forță exercitată din partea unei planete necunoscute care ar perturba mișcarea lui Uranus, sau teoria lui Newton nu este bună și necesită corecții.

Pornind de la prima ipoteză, în mod simultan, astronomul englez John Adams și francezul Le Verrier, atacă problema. Al doilea solicită sprijinul lui Johann Galle de la Observatorul din Berlin, pentru a căuta planeta în zona indicată.

Astfel, după mai puțin de o oră de observații, la 23 septembrie 1846, Galle observă, la numai 52 de minute de arc față de locul prezis de Le Verrier noua planetă Neptun, despre care se spune de atunci că a fost descoperită "în vârful peniței".

Am încercat să punctăm în câteva cuvinte principalele performanțe, cu adevărat extraordinare la vremea lor, ale Mecanicii Cerești, ramură de bază a Astronomiei. Însă suportul științific ce a contribuit la realizarea acestor performanțe îl constituie, alături de legile fizice care guvernează interacțiunea dintre corpuri, Matematica. Și valorile ei, după cum se știe, nu sînt cuvintele, ci formulele, ecuațiile și cifrele. Poate uneori exprimînd lucruri mai plicticoase și mai lungi decît ar face-o cuvintele, dar fiind, după părerea noastră, instrumentele cele mai sigure și mai exacte în drumul spre Cunoaștere.