



OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

t (zile)	29	30	31	32	33	34	35	36
$v_{\text{rad,S,O}}$ (km/s)	- 80	- 95	- 107,5	- 115	- 107,5	- 100	- 90	- 80
$v_{\text{rad,S,CM}}$ (km/s)	-65	- 80	- 92,5	- 100	- 92,5	- 85	- 75	- 65
$v_{\text{rad,CM,O}}$ (km/s)								

t (zile)	37	38	39	40	41	41,5	42
$v_{\text{rad,S,O}}$ (km/s)	- 70	- 60	- 45	- 33,75	- 21,25	- 15	- 7,5
$v_{\text{rad,S,CM}}$ (km/s)	- 55	- 45	- 30	- 18,75	- 6,25	0	7,5
$v_{\text{rad,CM,O}}$ (km/s)							

t (zile)	42,5	43	44	45
$v_{\text{rad,S,O}}$ (km/s)	0	6	20	40
$v_{\text{rad,S,CM}}$ (km/s)	15	21	35	55
$v_{\text{rad,CM,O}}$ (km/s)				

În acord cu notațiile din figura 1, unde este prezentată orbita eliptică relativă a steii S în raport cu CM al sistemului, (S; Σ), considerând că la momentul inițial steaua secundară S trece prin Periastronul orbitei sale, se demonstrează, utilizând și notațiile existente în desenul din figura 2, că viteza radială steii S, în raport cu CM al sistemului, aflat pe direcția Observatorului, este dată de expresia:

$$v_{\text{rad,S,CM}} = \frac{2\pi a \sin i}{T\sqrt{1-e^2}} [\cos(\theta + \omega) + e \cos \omega],$$

unde: a – semiaxa mare a elipsei reprezentând orbita relativă a steii S în raport cu CM; T – perioada rotației steii S în jurul CM; e – excentricitatea elipsei, reprezentând orbita eliptică relativă a steii S în jurul CM; i – unghiul dintre planul orbitei relative, Π , și planul orbitei aparente (planul cerului), Π_c ; ω – argumentul Periastronului; θ – anomalia adevărată.

OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

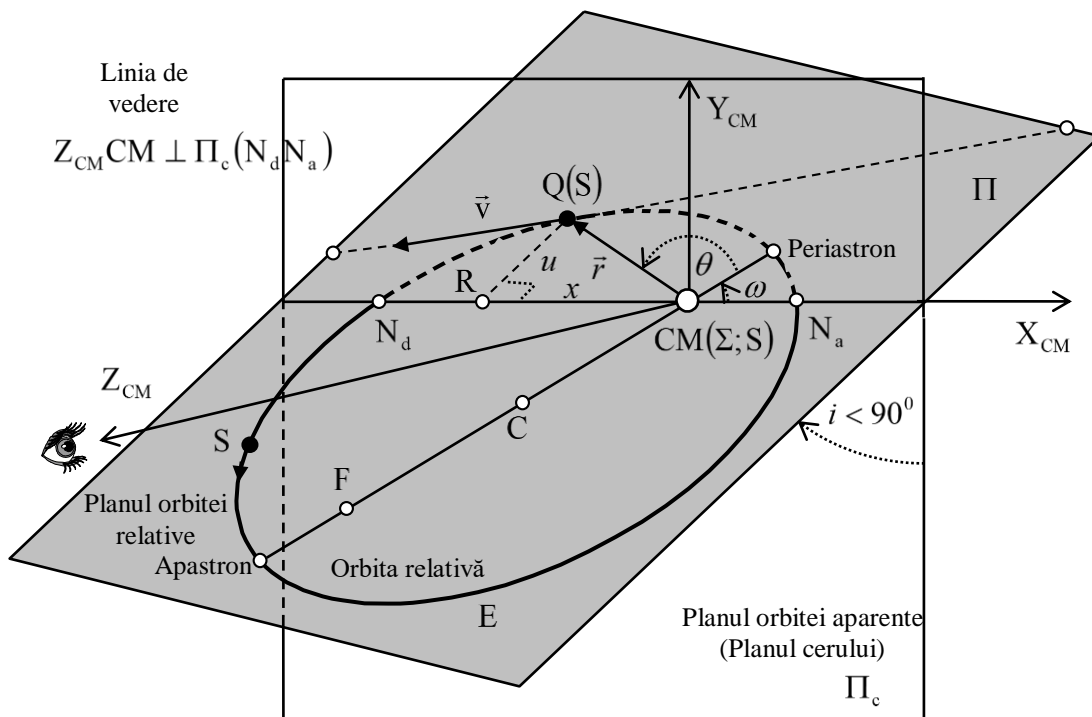


Fig. 1

OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

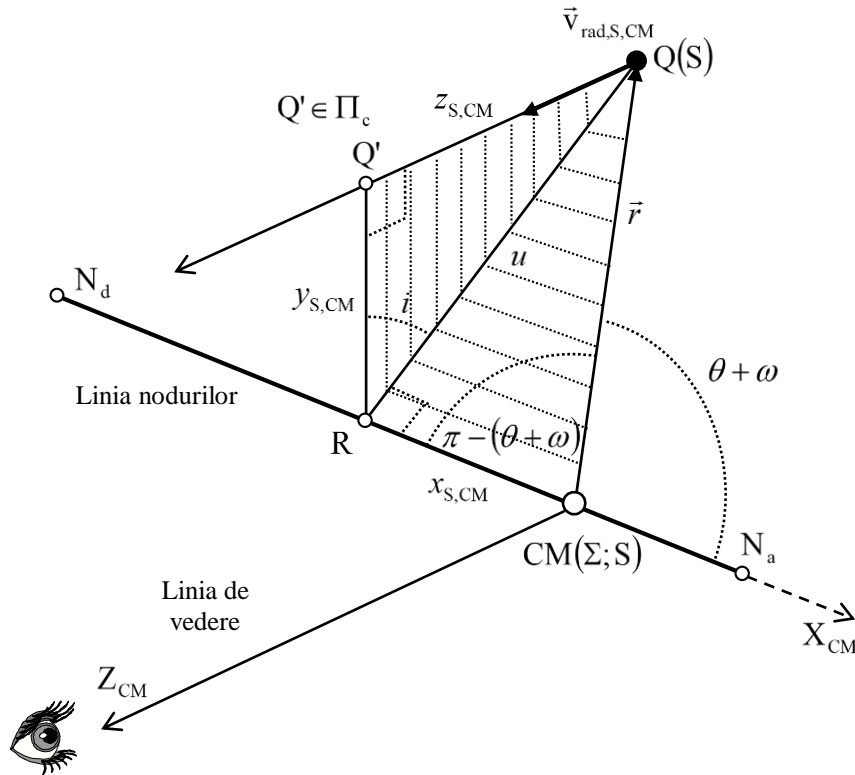


Fig. 2

a) Să se completeze în tabel valorile zilnice corespunzătoare ale vitezei radiale a CM, în raport cu observatorul O, $v_{\text{rad,CM,O}}$ și să se traseze, pe hârtie milimetrică, pe același grafic, curbele vitezelor radiale $v_{\text{rad,S,O}} = f(t)$ și $v_{\text{rad,CM,O}} = g(t)$.

Să se determine:

- viteza unghiulară medie, Ω_m , a steii S în jurul CM al sistemului;
- produsul $e \cdot \cos \omega$;
- produsul $e \cdot \sin \omega$;
- mărimile e și ω ;
- produsul $a \cdot \sin i$;
- mărimile a și i ;
- relația dintre excentricitățile orbitelor relative ale celor două stele, în raport cu CM. Se cunosc: $M_\Sigma = 10,3 \cdot M_\odot$; $M_S = 4,5 \cdot M_\odot$.



OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

Problema 3. Eclipsese lui Titan, satelit al lui Saturn

În nopțile lungi de pe asteroidul SALTIS, care evoluează pe o orbită circulară în jurul Soarelui, Celesta Spacedigger, personaj cunoscut din mitologia greacă, studiază stele și planete, în mod deosebit planeta Saturn. Un vechi Almanah Astronomic, dar de încredere, îi este de ajutor Celestei ca să urmărească în timp desfășurarea unor evenimente astronomice cerești, precum eclipsele lui Titan (cel mai mare satelit al lui Saturn), datorate planetei Saturn. Spre surprinderea sa, Celesta constată mari deosebiri între timpii corespunzători momentelor când ea a observat producerea eclipselor lui Titan și timpii corespunzători momentelor producerii aceluiași evenimente, preluate din tabelele existente în Almanah.

După ani de observații atente, Celesta începe să găsească o explicație. Deosebirile sunt cele mai mari, când Saturn este aproape de Opoziția sau Conjuncția sa cu Soarele, cele două evenimente fiind văzute de pe asteroidul Saltis. Celesta realizează că se întâmplă așa deoarece viteza luminii este finită și o prezentare din Almanahul său confirmă faptul că sincronizările din tabele sunt heliocentrice, adică așa cum sunt văzute ele de un observator de pe Soare și nu de pe Saltis. Foarte satisfăcută de descoperirea sa, Celesta a utilizat aceste observații pentru a calcula viteza luminii.

În această problemă trebuie repetate calculele Celestei, utilizând observațiile sale. Unitățile de măsură pentru timp și pentru distanțe, utilizate de Celesta, diferite de unitățile utilizate de noi, sunt: unitatea de măsură pentru timp, **pinit**; unitatea de măsură pentru distanțe, **seter**.

a) Înregistrările Celestei, asupra eclipselor lui Titan, făcute atunci când Saturn a fost aproape de Opoziție sau de Conjuncție, în raport cu Saltis, pentru un număr de 6 observații, sunt date în tabelul alăturat, unde, în coloanele sale, sunt notate:

Numărul Observației	Tabel Almanah t_{Almanah} (pinit) I	Observații Celesta t_{Celesta} (pinit) II	Precizare III
1	456,47	450,32	Opoziție
2	18,50	12,28	Opoziție
3	821,41	815,29	Opoziție
4	444,70	450,85	Conjuncție
5	615,43	621,52	Conjuncție
6	791,94	798,02	Conjuncție

D) valorile din tabelele Almanahului referitoare la momentul când un observator localizat pe Soare ar observa începutul/sfârșitul unei eclipse a lui Titan;

OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

II) valorile din observațiile Celestei referitoare la momentul începutului/sfârșitului aceleiași eclipse a lui Titan, văzute de Celesta aflată pe Saltis.

III) poziția lui Saturn pe durata eclipsei lui Titan (apropiat de Opoziție sau de Conjunție, în raport cu Saltis).

Analizând cu atenție datele din tabel, *să se estimeze* valoarea vitezei luminii, exprimând-o în seter/pinit. Se cunoaște distanța Soare – Saltis, $r_{\text{Saltis, Soare}} = 10^9$ seter.

b) În zilele petrecute pe Saltis, Celesta recepționează semnalele radio de pe Pământ. Știind acum viteza luminii, Celesta se hotărăște să *determine* raza orbitei Pământului, $r_{\text{Pământ-Soare}}$, exprimând-o în seter. Ea își sincronizează foarte precis ceasornicul său cu semnalele de timp primite de pe Pământ. Rezultatele măsurătorilor sale sunt redată în graficul din figura 1.

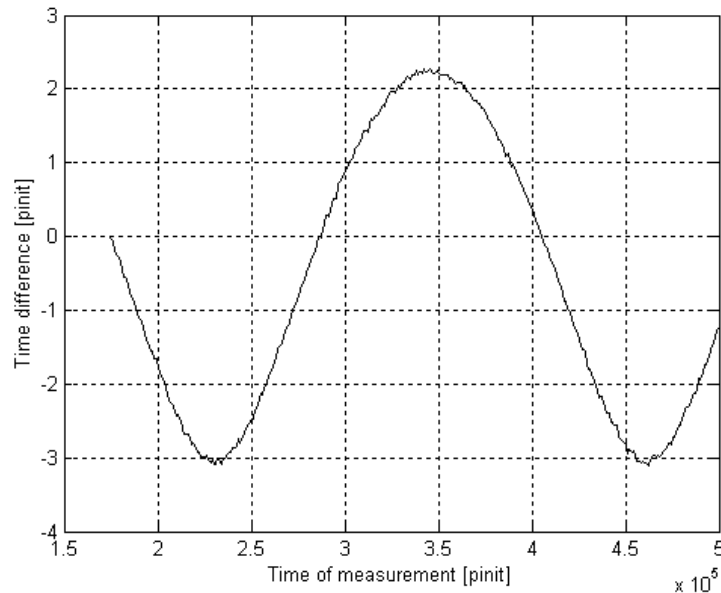


Fig. 1

Să se estimeze raza orbitei Pământului, $r_{\text{Pământ-Soare}}$, exprimând-o în seter, utilizând datele Celestei din graficul dat.

c) Știind că:

$$1 \text{ UA} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}; c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s},$$

să se determine: **1)** echivalentul în metri pentru 1 seter; **2)** echivalentul în secunde pentru 1 pinit.

d) *Să se estimeze* perioada orbitală siderală a lui Saltis, $T_{\text{sideral, Saltis}}$, exprimând-o în ani, utilizând graficul dat.

OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

Problema 4. Interceptarea asteroidului amenințător

În ziua de 1 Ianuarie 1801 astronomul italian Giuseppe Piazzi a observat, pentru prima dată, asteroidul care părea a fi mica planetă Ceres. Giuseppe Piazzi l-a putut observa pe Ceres aproximativ o lună, până când asteroidul a dispărut, fiind înecat în lumina Soarelui. Un an mai târziu, la 1 Ianuarie 1802, matematicianul german Carl Friedrich Gauss redescoperă același asteroid, când el a reapărut din spatele Soarelui, exact acolo unde calculele sale precise au anticipat.

Metoda lui Gauss, cunoscută sub numele de "Problema lui Gauss", presupune existența posibilității determinării formei și a parametrilor orbitei unui asteroid/satelit/proiectil, în raport cu Soarele/Pământul.

La vremea respectivă, Gauss a reușit să determine elementele orbitei lui Ceres pornind de la cunoașterea coordonatelor sferice ecuatoriale (ascensia dreaptă, α ; declinația, δ) pentru trei momente.

Metoda lui Gauss este mult simplificată dacă se pleacă de la cunoașterea a doi vectori de poziție ai asteroidului/satelitului/proiectilului în raport cu Soarele/Pământul, a duratei zborului asteroidului/satelitului/proiectilului între cele două poziții și a sensului mișcării asteroidului/satelitului/proiectilului. Transferul asteroidului/satelitului/proiectilului între aceleași două poziții cunoscute, într-un interval de timp cunoscut, de fiecare dată în același sens, se poate face pe orice orbită conică: elipsă, parabolă, hiperbolă.

În termenii Astrodinamicii Moderne rezolvarea "Problemei lui Gauss" înseamnă soluționarea problemelor interceptărilor cosmice, a întâlnirilor cosmice și a zborurilor interplanetare.

Pentru aceasta, de pe un satelit, S, care evoluează în jurul Pământului, E, sau în jurul Soarelui, ajuns în poziția indicată prin vectorul de poziție \vec{r}_0 , așa cum indică desenul din figura 1, se lansează, la momentul t_0 , un proiectil, P, pentru a distruge sau a devia un asteroid care amenință Pământul, asteroidul apropiindu-se amenințător de Pământ, pe o traiectorie cunoscută, după legi cunoscute, astfel încât impactul proiectilului cu asteroidul să se realizeze la momentul t , în punctul A, al cărui vector de poziție este \vec{r} .

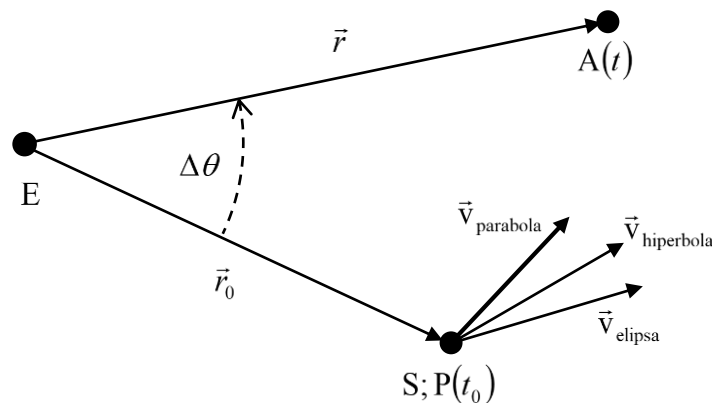


Fig. 1

OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

Orbita de transfer a proiectilului P, de pe satelitul S până la asteroidul A, poate fi un sector dintr-o elipsă, un sector dintr-o parabolă, sau un sector dintr-o hiperbolă, așa cum indică desenul din figura 2.

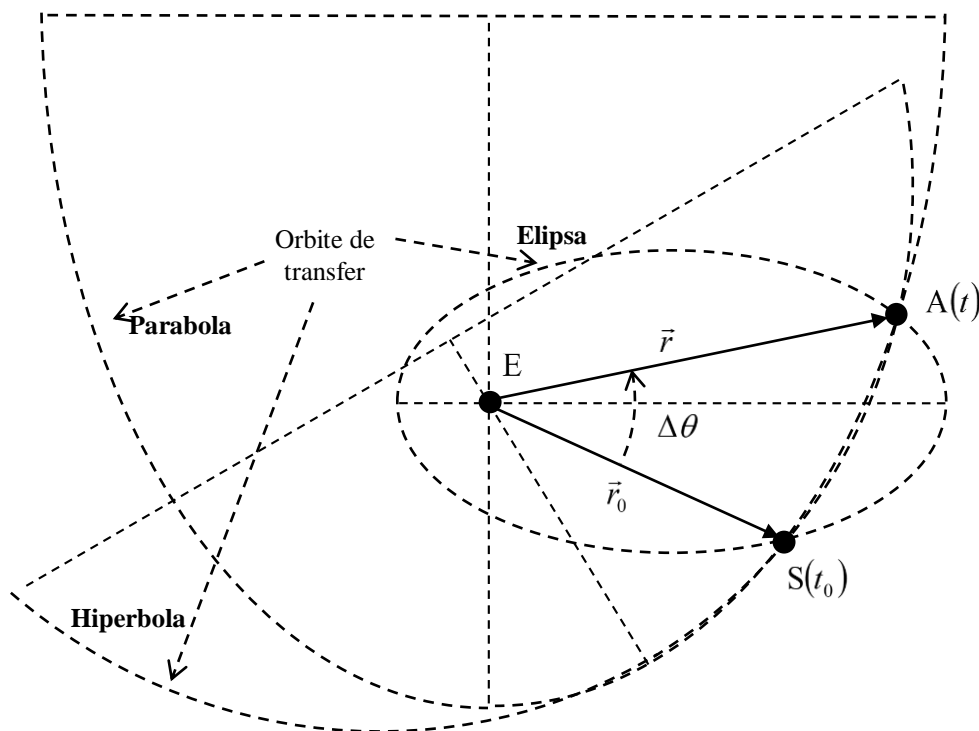


Fig. 2

a) Să se determine elementele vectorului viteză al proiectilului P, în momentul lansării sale, \vec{v}_0 , de pe satelitul S, astfel încât transferul proiectilului P de pe satelitul S, pe asteroidul A, între cele două poziții precizate, să se facă pe o singură elipsă, $\vec{v}_0 = \vec{v}_{\text{elipsa}}$.

Pentru aceasta se dau: vectorii de poziție, \vec{r}_0 și respectiv \vec{r} ; unghiul dintre cei doi vectori de poziție, $\Delta\theta$; durata zborului proiectilului P între cele două poziții, $\Delta t = t - t_0$; sensul mișcării proiectilului; constanta atracției gravitaționale, K ; masa Pământului, M . Se știe că masa proiectilului este $m \ll M$.



Universitatea Ștefan cel Mare
din Suceava



Societatea Științifică Cygnus
centru- UNESCO

OLIMPIADA DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ A UNIVERSITĂȚII ȘTEFAN CEL
MARE DIN SUCEAVA, 26 – 29 IULIE 2021

SENIORI

PROBA BARAJ – ANALIZĂ DE DATE

În desenul din figura 3 sunt reprezentați, la aceeași scară, vectorii de poziție \vec{r}_0 și respectiv \vec{r} , cu originea în centrul Pământului, E, astfel încât unghiul dintre direcțiile lor să fie cel dat, $\Delta\theta = 47^\circ$.

b) Un asteroid cu masa m se apropie de Pământ, a cărei masă este M , evoluând pe un arc de parabolă, având Pământul în focar.

Să se argumenteze dacă este posibilă reținerea asteroidului (captarea acestuia) pe o orbită închisă, în formă de elipsă, în jurul Pământului. Se neglijează interacțiunea gravitațională a asteroidului cu celelalte planete și cu Soarele.

Subiect realizat de:

Prof.Dr. Mihail SANDU, Liceul Tehnologic de Turism Călimănești