



**СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ**

**“СВЕТИ КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”**

**Факултет по математика и информатика**

# **Проект по Небесна механика**

Изготвил: Илия Мачкърски

Специалност: Информационни системи

ФН:72034, Курс: 3-ти

## Задача 1: Пресметнете координатите и скоростите на планетите в деня, в който сте родени

Орбитата на планетата зависи от 6 елемента (в задачата на Кеплер):

**a** - дължина на голямата полуос,

**e** - ексцентрицитет,

**i** - наклонение на плоскостта на орбитата,

**l** - средна аномалия, ( $l_0$  е средната аномалия в момента  $t_0$ ),

**g +  $\theta$**  - дължина на перихелия,

**$\theta$**  – дължина на възела.

Пет от тези елементи са константи, единствено средната аномалия **l** е линейна функция на времето **t**.

Допълнителен елемент е ексцентричната аномалия **u**; в сила е уравнението на Кеплер

$$l = u - e \cdot \sin u$$

Ексцентрицитетът **e** характеризира сплеснатостта на елипсата:

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \in [0, 1)$$

, където **b** е дължината на малката полуос.

Връзката на елиптичните елементи с декартовите координати в

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos i & -\sin i \\ 0 & \sin i & \cos i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos g & -\sin g & 0 \\ \sin g & \cos g & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

# Кеплерови елементи и техните стойности

	$\frac{a}{AU}$	$\frac{e}{rad}$	$\frac{I}{deg}$	$\frac{L}{deg}$	$\frac{long.peri.}{deg}$	$\frac{long.node.}{deg}$
	$AU, AU/Cy$	$rad, rad/Cy$	$deg, deg/Cy$	$deg, deg/Cy$	$deg, deg/Cy$	$deg, deg/Cy$
Mercury	0.38709927	0.20563593	7.00497902	252.25032350	77.45779628	48.33076593
	0.00000037	0.00001906	-0.00594749	149472.67411175	0.16047689	-0.12534081
Venus	0.72333566	0.00677672	3.39467605	181.97909950	131.60246718	76.67984255
	0.00000390	-0.00004107	-0.00078890	58517.81538729	0.00268329	-0.27769418
EM Vayu	1.00000261	0.01671123	-0.00001531	100.46457166	102.93768193	0.0
	0.00000562	-0.00004392	-0.01294668	35999.37244981	0.32327364	0.0
Mars	1.52371034	0.09339410	1.84969142	-4.55343205	-23.94362959	49.55953891
	0.00001847	0.00007882	-0.00813131	19140.30268499	0.44441088	-0.29257343
Jupiter	5.20288700	0.04838624	1.30439695	34.39644051	14.72847983	100.47390909
	-0.00011607	-0.00013253	-0.00183714	3034.74612775	0.21252668	0.20469106
Saturn	9.53667594	0.05386179	2.48599187	49.95424423	92.59887831	113.66242448
	-0.00125060	-0.00050991	0.00193609	1222.49362201	-0.41897216	-0.28867794
Uranus	19.18916464	0.04725744	0.77263783	313.23810451	170.95427630	74.01692503
	-0.00196176	-0.00004397	-0.00242939	428.48202785	0.40805281	0.04240589
Neptune	30.06992276	0.00859048	1.77004347	-55.12002969	44.96476227	131.78422574
	0.00026291	0.00005105	0.00035372	218.45945325	-0.32241464	-0.00508664
Pluto	39.48211675	0.24882730	17.14001206	238.92903833	224.06891629	110.30393684
	-0.00031596	0.00005170	0.00004818	145.20780515	-0.04062942	-0.01183482

След това обръщаме  $\theta$  ,  $g + \theta$  в Радиани (\*П/180)

Обръщаме  $i$  в градуси (\*П/180)

Ст-тите на  $\mu$  за планетите

	$\mu$
Меркурий	1/6023600
Венера	1/408523
Земя	1/328900.5
Марс	1/3098708
Юпитер	1/1047.34
Сатурн	1/3497.8
Уран	1/22902.9
Нептун	1/19402
Плутон	1/135000000

$\gamma = 1 + \mu$ , където  $\gamma = GmA$  е гравитационна константа

$$n = \sqrt{\frac{\gamma}{a^3}}$$

Величината  $l$  наричаме средно движение; То е момента на преминаване през перихелия на планета(начало на епоха). Връзката между средната и ексцентрична аномалии

$$l = u - e \cdot \sin(u) \text{ наричаме } \underline{\text{уравнение на Кеплер.}}$$

Въвеждаме  $t$  - времето от рождената дата до 2000г.

(Рождена дата: 04.05.2001г. =>

Дни между 04.05.2001г и 01.01.2000 – 489 дни

$$t = 489 / 365.25 = 1.3388)$$

От решението на задачата на Кеплер в декартови координати:

$$l = \sqrt{\gamma} a^{-\frac{3}{2}} (T - T_0)$$

$$\Rightarrow l = n \cdot (t(2\pi) - T_0) = u - e \cdot \sin(u)$$

$$u = l + e \cdot \sin(l + e \cdot \sin(l + e \cdot \sin(l)))$$

$$r = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = Q \cdot a \cdot \left( \cos(u) - e; \sin(u); \sqrt{1 - e^2}; 0 \right)$$

$$v = Q \cdot \frac{(-\sin(u); \cos(u) \cdot \sqrt{1 - e^2}; 0) \cdot a \cdot n}{1 - e \cdot \cos(u)}$$

Където Q е от Основна формула на сферичната тригонометрия

(Теорема. Всяка матрица  $Q \in SO(3, R)$  може да се представи аналитично във вида:

$$Q = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos i & -\sin i \\ 0 & \sin i & \cos i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos g & -\sin g & 0 \\ \sin g & \cos g & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} =$$

*Ротация на ъгъл  $\theta$  около оста Oz*    *ротация на ъгъл  $i$  около оста Ox*    *ротация на ъгъл  $g$  около оста Oz*

$$= \begin{pmatrix} \cos\theta \cos g - \sin\theta \sin g \cos i & -\cos\theta \sin g - \sin\theta \cos g \cos i & \sin\theta \sin i \\ \sin\theta \cos g + \cos\theta \sin g \cos i & -\sin\theta \sin g + \cos\theta \cos g \cos i & -\cos\theta \sin i \\ \sin g \sin i & \cos g \sin i & \cos i \end{pmatrix}$$

където  $\theta, g \in [0, 2\pi)$  и  $i \in [0, \pi]$

**Таблица за всяка планета:**

	Меркурий	Венера	Земя	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
r	-0.0693	-0.2876	-0.7249	-0.7329	0.88684	4.0539	15.664	18.07	-8.461
	0.30352	-0.6652	-0.7004	-1.3335	5.00963	8.1285	-12.37	-24.07	-28.68
	0.03115	0.0075	0	-0.0099	-0.0405	-0.3027	-0.2488	0.0792	5.5169
v	-1.9215	1.0721	0.6793	0.74365	-0.4376	-0.3071	0.1399	0.1447	0.1787
	-0.3043	-0.4712	-0.7228	-0.3224	0.0969	0.14418	0.1687	0.1104	-0.0814
	0.15148	-0.0683	0	-0.0250	0.0093	0.00969	-0.0011	-0.005	-0.042
r	0.31289	0.72481	1.00807	1.52178	5.08768	9.0884	19.965	30.1	30.409
v	1.95139	1.1731	0.99196	0.81095	0.4484	0.3394	0.2192	0.1821	0.20109

**Задача 2: Пресметнете елементите на Делоне и Поанкаре (от първи и втори вид) в деня, в който сте родени Елементите на Делоне –  $L, G, \Theta, I, g, \theta$  се изразяват чрез орбиталните елементи:**

**Елементите на Делоне –  $L, G, \Theta, I, g, \theta$  се изразяват чрез орбиталните елементи:**

- $a$  - дължина на голямата полуос,
- $e$  - ексцентрицитет,
- $i$  - наклонение на плоскостта на орбитата,
- $I$  - средна аномалия, ( $I_0$  е средната аномалия в момента  $t_0$ ),
- $g + \theta$  - дължина на перихелия,
- $\theta$  – дължина на възела.

Както следва:

$(I, L), (G, g)$  и  $(\Theta, \theta)$  са спрегнати канонични променливи,

$$L = \mu \sqrt{\gamma \cdot a}$$

$$G = \mu \cdot \sqrt{\gamma \cdot a (1 - e^2)} = L \cdot \sqrt{(1 - e^2)}$$

$$\Theta = \mu \cdot \sqrt{\gamma \cdot a (1 - e^2)} \cos i = G \cdot \cos i$$

Като при това  $I, g$  и  $\theta$  съвпадат и в двата случая.

Елементите на Делоне –  $L, G, \Theta, I, g, \theta$  са константи с хамилтони:

$$\hat{H} = - \frac{\mu^3 \gamma^2}{2L^2}$$

Обръщаме  $\theta$  в радиани ( $\cdot \pi/180$ )

Обръщаме  $i$  в градуси ( $\cdot \pi/180$ )

То е момента на преминаване през перихелия на планета (начало на епоха).

$$l = \sqrt{\gamma} \cdot a^{-\frac{3}{2}}(t - T_0)$$

$$u = e \cdot \sin(u)$$

$$u = l + e \cdot \sin(l + e \cdot \sin(l + e \cdot \sin(l)))$$

$$n = \sqrt{\frac{\gamma}{a^3}}$$

Въвеждаме  $t$  - времето от рождената дата до 2000г.

(Рождена дата: 04.05.2001г. =>

Дни между 04.05.2001г и 01.01.2000 – 489 дни

$$t = 489 / 365.25 = 1.3388)$$

И чрез  $\lambda = l + g + \theta$  (дължина на епохата) ще можем да изразим елементите от двете системи на Поанкаре, и по-точно:

Първа система от шест елемента, характеризираща орбитите на планетите:

$$\begin{pmatrix} L & L - G & G - \theta \\ l + g + \theta & -g - \theta & -\theta \end{pmatrix}$$

И втората:



$$\left( \begin{array}{l} L \quad \xi := \sqrt{2(L-G)} \cos(g+\theta) \quad p := \sqrt{2(G-\theta)} \cos(\theta) \\ \lambda := l + g + \theta \quad \eta := -\sqrt{2(L-G)} \sin(g+\theta) \quad q := -\sqrt{2(G-\theta)} \sin(\theta) \end{array} \right)$$

### Элементи на Делоне:

	<b>L</b>	<b>G</b>	<b>Θ</b>	<b>I</b>	<b>g</b>	<b>θ</b>	<b>H</b>
<b>Меркурий</b>	<b>1.0328e-07</b>	<b>1.0108e-07</b>	<b>1.0033e-07</b>	<b>37.991</b>	<b>0.5084</b>	<b>0.8435</b>	<b>-2.1449e-07</b>
<b>Венера</b>	<b>2.0814e-06</b>	<b>2.0814e-06</b>	<b>2.0777e-06</b>	<b>14.563</b>	<b>0.9586</b>	<b>1.3383</b>	<b>-1.6928e-06</b>
<b>Земя</b>	<b>3.0404e-06</b>	<b>3.0400e-06</b>	<b>3.0400e-06</b>	<b>8.3688</b>	<b>1.7966</b>	<b>0</b>	<b>-1.5202e-06</b>
<b>Марс</b>	<b>3.9826e-07</b>	<b>3.9654e-07</b>	<b>3.9633e-07</b>	<b>4.8140</b>	<b>-1.2829</b>	<b>0.8650</b>	<b>-1.0595e-07</b>
<b>Юпитер</b>	<b>2.1787e-03</b>	<b>2.1762e-03</b>	<b>2.1757e-03</b>	<b>1.0523</b>	<b>-1.4965</b>	<b>1.7536</b>	<b>-9.1860e-05</b>
<b>Сатурн</b>	<b>8.8298e-04</b>	<b>8.8174e-04</b>	<b>8.8091e-04</b>	<b>-0.4586</b>	<b>-0.3676</b>	<b>1.9838</b>	<b>-1.4995e-05</b>
<b>Уран</b>	<b>1.9127e-04</b>	<b>1.9106e-04</b>	<b>1.9104e-04</b>	<b>2.5834</b>	<b>1.6919</b>	<b>1.2918</b>	<b>-1.1377e-06</b>
<b>Нептун</b>	<b>2.8263e-04</b>	<b>2.8262e-04</b>	<b>2.8249e-04</b>	<b>-1.6958</b>	<b>-1.5153</b>	<b>2.3001</b>	<b>-8.5709e-07</b>
<b>Плутон</b>	<b>4.6544e-08</b>	<b>4.5090e-08</b>	<b>4.3088e-08</b>	<b>0.2933</b>	<b>1.9856</b>	<b>1.9252</b>	<b>-9.3807e-11</b>

**Първа система на Поанкаре:**

	<b>L</b>	<b>L-G</b>	<b>G-Θ</b>	<b>l + g + θ</b>	<b>-g-θ</b>	<b>-θ</b>
<b>Меркурий</b>	<b>1.0328e-07</b>	<b>2.1934e-09</b>	<b>7.5431e-10</b>	<b>39.343</b>	<b>-1.3519</b>	<b>-0.8435</b>
<b>Венера</b>	<b>2.0814e-06</b>	<b>3.7465e-11</b>	<b>3.6506e-09</b>	<b>16.859</b>	<b>-2.2969</b>	<b>-1.3383</b>
<b>Земя</b>	<b>3.0404e-06</b>	<b>3.8920e-10</b>	<b>0</b>	<b>10.165</b>	<b>-1.7966</b>	<b>0</b>
<b>Марс</b>	<b>3.9826e-07</b>	<b>1.7260e-09</b>	<b>2.0646e-10</b>	<b>4.3961</b>	<b>0.4179</b>	<b>-0.8650</b>
<b>Юпитер</b>	<b>2.1787e-03</b>	<b>2.5114e-06</b>	<b>5.6359e-07</b>	<b>1.3093</b>	<b>-0.2571</b>	<b>-1.7536</b>
<b>Сатурн</b>	<b>8.8298e-04</b>	<b>1.2410e-06</b>	<b>8.2918e-07</b>	<b>1.1575</b>	<b>-1.6161</b>	<b>-1.9838</b>
<b>Уран</b>	<b>1.9127e-04</b>	<b>2.1137e-07</b>	<b>1.7343e-08</b>	<b>5.5671</b>	<b>-2.9837</b>	<b>-1.2918</b>
<b>Нептун</b>	<b>2.8263e-04</b>	<b>9.0444e-09</b>	<b>1.3485e-07</b>	<b>-0.9110</b>	<b>-0.7848</b>	<b>-2.3001</b>
<b>Плутон</b>	<b>4.6544e-08</b>	<b>1.4540e-09</b>	<b>2.0026e-09</b>	<b>4.2040</b>	<b>-3.9107</b>	<b>-1.9252</b>

**Втора система на Поанкаре:**

	<b>L</b>	<b>ε</b>	<b>p</b>	<b><math>\lambda = l + g + \theta</math></b>	<b>n</b>	<b>q</b>
<b>Меркурий</b>	<b>1.0328e-07</b>	<b>1.4384e-05</b>	<b>2.5823e-05</b>	<b>39.343</b>	<b>-6.4652e-05</b>	<b>-2.9014e-05</b>
<b>Венера</b>	<b>2.0814e-06</b>	<b>-5.7473e-06</b>	<b>1.9688e-05</b>	<b>16.859</b>	<b>-6.4729e-06</b>	<b>-8.3148e-05</b>
<b>Земя</b>	<b>3.0404e-06</b>	<b>-6.2462e-06</b>	<b>0</b>	<b>10.165</b>	<b>-2.7192e-05</b>	<b>0</b>
<b>Марс</b>	<b>3.9826e-07</b>	<b>5.3698e-05</b>	<b>1.3181e-05</b>	<b>4.3961</b>	<b>2.3844e-05</b>	<b>-1.5466e-05</b>
<b>Юпитер</b>	<b>2.1787e-03</b>	<b>2.1675e-03</b>	<b>-1.9299e-04</b>	<b>1.3093</b>	<b>-5.6977e-04</b>	<b>-1.0440e-03</b>
<b>Сатурн</b>	<b>8.8298e-04</b>	<b>-7.1412e-05</b>	<b>-5.1684e-04</b>	<b>1.1575</b>	<b>-1.5738e-03</b>	<b>-1.1795e-03</b>
<b>Уран</b>	<b>1.9127e-04</b>	<b>-6.4210e-04</b>	<b>5.1285e-05</b>	<b>5.5671</b>	<b>-1.0223e-04</b>	<b>-1.7904e-04</b>
<b>Нептун</b>	<b>2.8263e-04</b>	<b>9.5162e-05</b>	<b>-3.4604e-04</b>	<b>-0.9110</b>	<b>-9.5042e-05</b>	<b>-3.8724e-04</b>
<b>Плутон</b>	<b>4.6544e-08</b>	<b>-3.8747e-05</b>	<b>-2.1959e-05</b>	<b>4.2040</b>	<b>3.7507e-05</b>	<b>-5.9354e-05</b>

**Код:**

**Задача 1:**

```
const multiplyMatrices = (a, b) => {
  let numRows = a.length, numCols = a[0].length,
      bNumRows = b.length, bNumCols = b[0].length,
      m = new Array(numRows);
  for (let r = 0; r < numRows; ++r) {
    m[r] = new Array(bNumCols);
    for (let c = 0; c < bNumCols; ++c) {
      m[r][c] = 0;
      for (let i = 0; i < numCols; ++i) {
        m[r][c] += a[r][i] * b[i][c];
      }
    }
  }
  return m;
}

const multiplyMatrixVector = (matrix, vector) => {
  let result = new Array(matrix.length);

  for (let i = 0; i < matrix.length; i++) {
    result[i] = 0;
    for (let j = 0; j < matrix[0].length; j++) {
      result[i] += matrix[i][j] * vector[j];
    }
  }

  return result;
}

const multiplyScalarVector = (vector, scalar) => {
  let result = new Array(vector.length);

  for (let i = 0; i < vector.length; i++) {
    result[i] = scalar * vector[i];
  }

  return result;
}

const normalizeVector = (v) => {
```

```

let sum = 0;
for (let i = 0; i < v.length; i++) {
    sum += Math.pow(v[i], 2);
}
return Math.sqrt(sum);
}

const solve = (a, e, i, L, w, Omega, miu, t) => {
    let tita = Omega * Math.PI / 180;
    let g = (w - Omega) * Math.PI / 180;
    i = i * Math.PI / 180;

    let Tita = [
        [Math.cos(tita), -Math.sin(tita), 0],
        [Math.sin(tita), Math.cos(tita), 0],
        [0, 0, 1]
    ];

    let I = [
        [1, 0, 0],
        [0, Math.cos(i), -Math.sin(i)],
        [0, Math.sin(i), Math.cos(i)]
    ];

    let G = [
        [Math.cos(g), -Math.sin(g), 0],
        [Math.sin(g), Math.cos(g), 0],
        [0, 0, 1]
    ];

    let Q = multiplyMatrices(multiplyMatrices(Tita, I), G);

    let gama = 1 + miu;
    let n = Math.sqrt(gama / Math.pow(a, 3));
    let to = ((w - L) / n) * Math.PI / 180;
    let l = n * (t * 2 * Math.PI - to);
    let u = l + e * Math.sin(l + e * Math.sin(l + e * Math.sin(l)));
    let r = multiplyMatrixVector(Q, [a * (Math.cos(u) - e), a *
Math.sin(u) * Math.sqrt(1 - Math.pow(e, 2)), 0]);
    let v = multiplyMatrixVector(Q, [-Math.sin(u), Math.cos(u) *
Math.sqrt(1 - Math.pow(e, 2)), 0]);

```

```

let scalar = (a * n) / (1 - e * Math.cos(u))
v = multiplyScalarVector(v, scalar);
console.log(r)
console.log(v)
console.log('Normed V = ' + normalizeVector(v));
console.log('Normed R = ' + normalizeVector(r));
}

const planets = [
  [0.387, 0.205, 7.004, 252.250, 77.457, 48.330, 1/6023600],
  [0.723, 0.006, 3.394, 181.979, 131.602, 76.679, 1/408523],
  [1, 0.016, 0, 100.464, 102.937, 0, 1/328900.5],
  [1.523, 0.093, 1.849, -4.553, -23.943, 49.559, 1/3098708],
  [5.202, 0.048, 1.304, 34.396, 14.728, 100.473, 1/1047.34],
  [9.536, 0.053, 2.485, 49.954, 92.598, 113.662, 1/3497.8],
  [19.189, 0.047, 0.772, 313.238, 170.954, 74.016, 1/22902.9],
  [30.069, 0.008, 1.770, -55.120, 44.964, 131.784, 1/19402],
  [39.482, 0.248, 17.140, 238.929, 224.068, 110.303, 1/135000000]
]

const time = 489 / 365.25;

for(let i = 0; i < 1; i++) {
  console.log(`Planet ${i + 1}`)
  solve(planets[i][0], planets[i][1], planets[i][2], planets[i][3],
planets[i][4], planets[i][5], planets[i][6], time);
}

```

## Задача 2:

```

const findElements = (a, e, i, L, w, Omega, myu, t) => {
  i = i * Math.PI/180;
  n = Math.sqrt(1 / a^3);
  to = ((w - L) / n) * Math.PI/180;

  gamma = 1 + myu;
  capL = myu * Math.sqrt(gamma*a)
  capG = capL * Math.sqrt(1 - e^2)
  capTheta = capG*Math.cos(i)

  l = n * (t*2*Math.PI - to)
  g = (w - Omega) * Math.PI/180
  theta = Omega * Math.PI/180

```

```

H = -myu*gamma / (2*a)

FirstPoincare11 = capL
FirstPoincare12 = capL - capG
FirstPoincare13 = capG - capTheta
FirstPoincare21 = 1 + g + theta
FirstPoincare22 = -g - theta
FirstPoincare23 = -theta

// # L
SecondPoincare11 = FirstPoincare11

// # E
SecondPoincare12 = Math.sqrt(2 * (capL - capG)) * Math.cos(g +
theta)

// # p
SecondPoincare13 = Math.sqrt(2 * (capG - capTheta)) *
Math.cos(theta)

// # λ = 1 + g + stheta
SecondPoincare21 = FirstPoincare21

// # η
SecondPoincare22 = -Math.sqrt(2 * (capL - capG)) * Math.sin(g +
theta)

// # q
SecondPoincare23 = -Math.sqrt(2 * (capG - capTheta)) *
Math.sin(theta)

console.log(SecondPoincare11, SecondPoincare12, SecondPoincare13,
SecondPoincare21, SecondPoincare22, SecondPoincare23)
}

const planets = [
  [0.387, 0.205, 7.004, 252.250, 77.457, 48.330, 1/6023600],
  [0.723, 0.006, 3.394, 181.979, 131.602, 76.679, 1/408523],
  [1, 0.016, 0, 100.464, 102.937, 0, 1/328900.5],
  [1.523, 0.093, 1.849, -4.553, -23.943, 49.559, 1/3098708],
  [5.202, 0.048, 1.304, 34.396, 14.728, 100.473, 1/1047.34],
  [9.536, 0.053, 2.485, 49.954, 92.598, 113.662, 1/3497.8],

```

```
[19.189, 0.047, 0.772, 313.238, 170.954, 74.016, 1/22902.9],  
[30.069, 0.008, 1.770, -55.120, 44.964, 131.784, 1/19402],  
[39.482, 0.248, 17.140, 238.929, 224.068, 110.303, 1/135000000]  
]
```

```
const time = 489 / 365.25;
```

```
for(let i = 0; i < 1; i++) {  
  i = 0;  
  console.log(`Planet ${i + 1}`)  
  findElements(planets[i][0], planets[i][1], planets[i][2],  
planets[i][3], planets[i][4], planets[i][5], planets[i][6], time);  
  break;  
}
```