



## XXIV Международная астрономическая олимпиада

## XXIV International Astronomy Olympiad

Румыния, Пятра-Нямц

19-27. X. 2019

Piatra Neamt, Romania

Язык	<b>Русский</b>
language	

## Задачи практического тура

## 6. Астероид 2110GD37.

В Вашем распоряжении: ножницы, нить, циркуль, линейка, транспортир.

Если траектория астероида 2110GD37 останется той же, что и сейчас, то в декабре 2019 года астероид будет серьёзно угрожать Земле.

В случае опасности специалисты рассматривают возможность запуска снаряда с искусственного спутника Земли с целью либо уничтожения астероида до того, как он приблизится к Земле, либо изменения его траектории на более удалённую от Земли.

Орбита снаряда  $P$  изображена в масштабе на рисунке 6.1. Точка  $E$  – Земля и фокус  $F_1$  орбиты снаряда. Положения  $S$  и  $A$  снаряда соответствуют моментам запуска со спутника  $t_0$  и перехвата астероида  $t$ .

Известно, что  $r = 30010,88$  км,  $\Delta\theta = 46^\circ$  (рис. 6.2).

Проведя измерения на рисунках и расчёты:

- 6.1. Найдите параметры эллиптической орбиты снаряда: большую полуось  $a$ , малую полуось  $b$ , эксцентриситет  $e$ , расстояние до перигея  $r_{\min}$ , расстояние до апогея  $r_{\max}$ .
- 6.2. Найдите орбитальный период снаряда вокруг Земли  $T$  (если тот по какой-то причине пролетел мимо астероида).
- 6.3. Найдите продолжительность  $\Delta t = t - t_0$  движения снаряда из точки  $S$  в точку  $A$ .
- 6.4. Найдите расстояние  $d_{SA}$  между точками  $S$  и  $A$  и путь  $L_{SA}$ , пройденный снарядом с момента его запуска со спутника  $S$  до встречи с астероидом  $A$ .

## 7. Аналемма.

Аналемма – это фигура, которая получается, если отмечать положения небесного тела в разные дни на протяжении года, но в одно и то же время (измеряемое по обычным часам). В случае наблюдения Солнца с Земли она напоминает по форме неправильную восьмёрку. Происходит это благодаря действию уравнения времени и изменению склонения Солнца в течение года.

Прилагаемая на отдельном листе фотография сделана вчера вечером с верхнего этажа гостиницы в Пятра-Нямц, точно в направлении востока. Масштаб напечатанной области фотографии –  $60^\circ \times 86^\circ$ . На этом листе Вам нужно построить аналемму, привязав её к местности.

Для простоты считайте данный участок неба плоским, то есть, все горизонтальные линии небесной сферы считайте параллельными оси  $X$ , все линии, направленные в зенит – параллельными оси  $Y$ .

Учтите, что знак в значениях уравнения времени в эфемеридах указан по европейскому определению (см. прилагаемый к таблицам график уравнения времени).

- 7.1. Вычислите положения Солнца в  $6^{\text{h}}00^{\text{m}}$  по местному среднему солнечному времени для наблюдателя, находящегося в Пятра-Нямце, в те дни, для которых приведены данные в

Таблице 7. Приведите расчёты в своей тетради. Результаты запишите в тетради в виде таблицы.

- 7.2. На листе с фотографией проведите линию небесного экватора, пометьте её знаком “**equ**” (equator).
- 7.3. Для тех случаев, когда вычисленное положение Солнца попадает в кадр (независимо от того, находится ли оно на небе, под горизонтом или загорожено горой), нанесите на лист с фотографией изображения Солнца, подписав даты около каждого изображения.
- 7.4. Вычислите, в какое время (по времени местного часового пояса, указанному в таблице, переходы зимнее/летнее время не учитывать) следует делать фотографии, чтобы получить такую аналемму.
- 7.5. Добавьте на аналемму сегодняшнее положение Солнца.
- 7.6. Начертите положение эклиптики в момент времени, соответствующий сегодняшнему положению Солнца на аналемме. Пометьте её знаком “**ecl**” (ecliptic).



**XXIV Международная астрономическая олимпиада**  
**XXIV International Astronomy Olympiad**

Румыния, Пятра-Нямц

19-27. X. 2019

Piatra Neamt, Romania

Язык	<b>Русский</b>
language	

**Задачи практического тура**

**6. Астероид 2110GD37.**

*В Вашем распоряжении: ножницы, нить, циркуль, линейка, транспортир.*

Если траектория астероида 2110GD37 останется той же, что и сейчас, то в декабре 2019 года астероид будет серьёзно угрожать Земле.

В случае опасности специалисты рассматривают возможность запуска снаряда с искусственного спутника Земли с целью либо уничтожения астероида до того, как он приблизится к Земле, либо изменения его траектории на более удалённую от Земли.

Орбита снаряда  $P$  изображена в масштабе на рисунке 6.1. Точка  $E$  – Земля и фокус  $F_1$  орбиты снаряда. Положения  $S$  и  $A$  снаряда соответствуют моментам запуска со спутника  $t_0$  и перехвата астероида  $t$ .

Известно, что  $r = 30010,88$  км,  $\Delta\theta = 46^\circ$  (рис. 6.2).

Проведя измерения на рисунках и расчёты:

- 6.1. Найдите параметры эллиптической орбиты снаряда: большую полуось  $a$ , малую полуось  $b$ , эксцентриситет  $e$ , расстояние до перигея  $r_{\min}$ , расстояние до апогея  $r_{\max}$ .
- 6.2. Найдите орбитальный период снаряда вокруг Земли  $T$  (если тот по какой-то причине пролетел мимо астероида).
- 6.3. Найдите продолжительность  $\Delta t = t - t_0$  движения снаряда из точки  $S$  в точку  $A$ .
- 6.4. Найдите компоненты вектора скорости (направление и модуль) снаряда относительно Земли во время его запуска с околоземного спутника  $\vec{v}_{\text{ellipse}} = \vec{v}_0$ , чтобы в результате он вышел на нужную эллиптическую орбиту из точки  $S$  в точку  $A$ .
- 6.5. Найдите скорость снаряда  $\vec{v}$ , направление и численное значение, в момент его контакта с астероидом в точке  $A$ .
- 6.6. Известно, что второй фокус эллипса  $F_2$  находится на отрезке  $SA$ . Проведя измерения только на рис. 6.2, найдите его положение и нанесите его на рисунок. Подтвердите правильность построения математическими формулами (без слов). Использовать рис. 6.1 нельзя.

**7. Аналемма.**

Аналемма – это фигура, которая получается, если отмечать положения небесного тела в разные дни на протяжении года, но в одно и то же время (измеряемое по обычным часам). В случае наблюдения Солнца с Земли она напоминает по форме неправильную восьмёрку. Происходит это благодаря действию уравнения времени и изменению склонения Солнца в течение года.

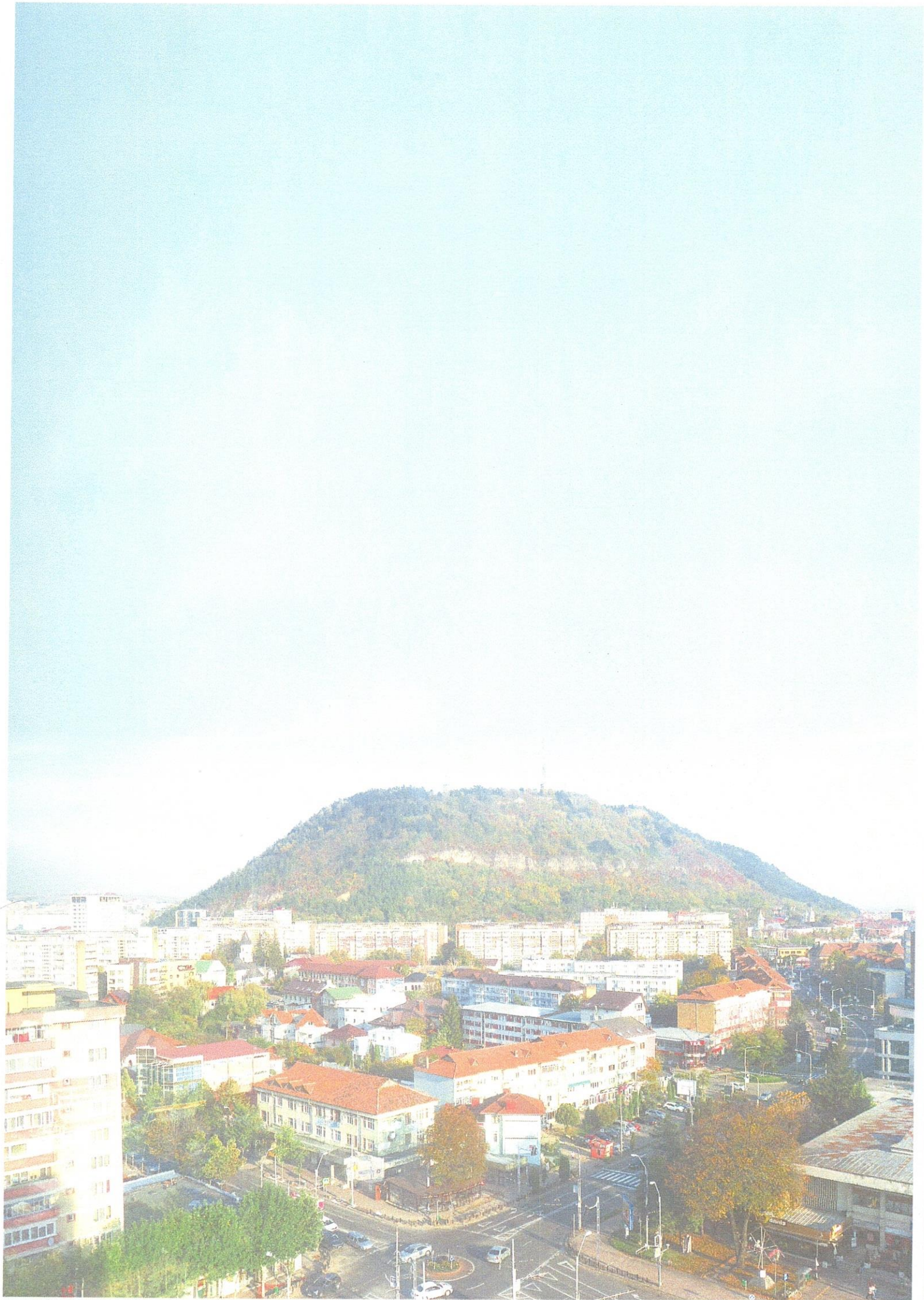
Прилагаемая на отдельном листе фотография сделана вчера вечером с верхнего этажа гостиницы в Пятра-Нямц, точно в направлении востока. Масштаб напечатанной

области фотографии –  $60^\circ \times 86^\circ$ . На этом листе Вам нужно построить аналемму, привязав её к местности.

Для простоты считайте данный участок неба плоским, то есть, все горизонтальные линии небесной сферы считайте параллельными оси X, все линии, направленные в зенит – параллельными оси Y.

Учтите, что знак в значениях уравнения времени в эфемеридах указан по европейскому определению (см. прилагаемый к таблицам график уравнения времени).

- 7.1. Вычислите положения Солнца в  $6^{\text{h}}00^{\text{m}}$  по местному среднему солнечному времени для наблюдателя, находящегося в Пятра-Нямце, в те дни, для которых приведены данные в Таблице 7. Приведите расчёты в своей тетради. Результаты запишите в тетради в виде таблицы.
- 7.2. На листе с фотографией проведите линию небесного экватора, пометьте её знаком “**equ**” (equator).
- 7.3. Для тех случаев, когда вычисленное положение Солнца попадает в кадр (независимо от того, находится ли оно на небе, под горизонтом или загорожено горой), нанесите на лист с фотографией изображения Солнца, подписав даты около каждого изображения.
- 7.4. Вычислите, в какое время (по времени местного часового пояса, указанному в таблице, переходы зимнее/летнее время не учитывать) следует делать фотографии, чтобы получить такую аналемму.
- 7.5. Добавьте на аналемму сегодняшнее положение Солнца.
- 7.6. Начертите положение эклиптики в момент времени, соответствующий сегодняшнему положению Солнца на аналемме. Пометьте её знаком “**ecl**” (ecliptic).





**XXIV Международная астрономическая олимпиада**  
**XXIV International Astronomy Olympiad**

Румыния, Пятра-Нямц

19-27. X. 2019

Piatra Neamt, Romania

ЯЗЫК language	<b><u>Русский</u></b>
ЯЗЫК language	<b><u>English</u></b>

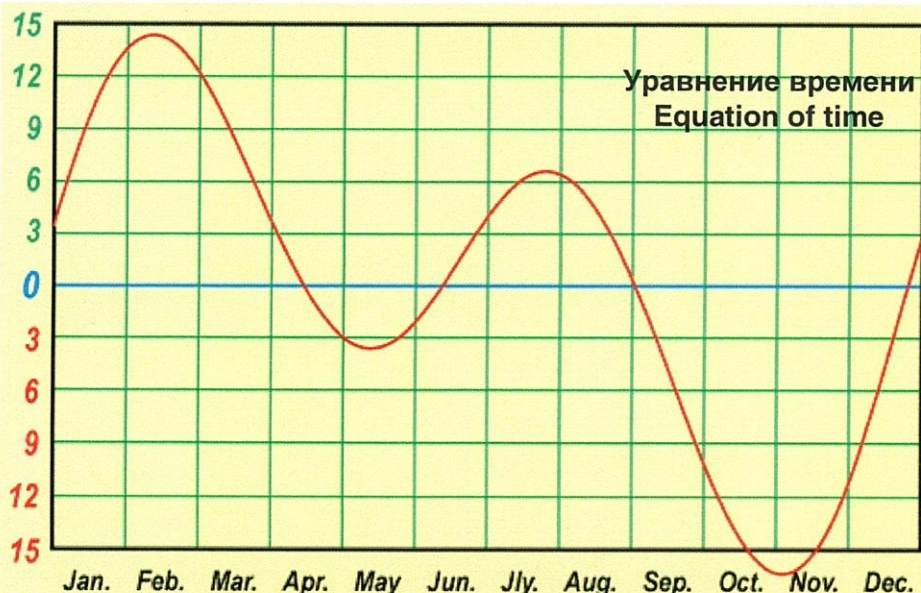
**Практический тур**  
**Таблица 7**

**Practical round**  
**Table 7**

Геоцентрические эфемериды Солнца : 2019  
00:00 UTC (Всемирное координированное время)

Geocentric Ephemeris for the Sun : 2019  
00:00 UTC (Coordinated Universal Time)

Дата (0 UT)	ЮД (2450000+)	Тек. ГЗВ (0 UT) ч м с	Уравнение времени м с	Прямое восхождение ч м с	Склонение ° ' "	Расстояние a.e.	Угл. диам. "
Date (0 UT)	JD (2450000+)	App. GST (0 UT) h m s	Equation of Time m s	Apparent R.A. h m s	Apparent Declination ° ' "	Distance a.u.	Ang. Diam. "
Jan 07	8490.5	07:05:06.0	+05:56.7	19 11 01.84	-22 25 54.3	0.983329	1951.8
Jan 22	8505.5	08:04:14.4	+11:22.0	20 15 35.51	-19 47 18.7	0.984073	1950.3
Feb 07	8521.5	09:07:19.3	+14:04.6	21 21 23.01	-15 27 46.1	0.986183	1946.2
Feb 22	8536.5	10:06:27.6	+13:34.1	22 20 00.79	-10 22 47.3	0.989022	1940.6
Mar 07	8549.5	10:57:42.8	+11:12.3	23 08 54.26	-05 28 29.5	0.992186	1934.4
Mar 22	8564.5	11:56:51.1	+07:06.9	00 03 57.08	+00 25 42.2	0.996178	1926.6
Apr 07	8580.5	12:59:56.0	+02:21.9	01 02 16.87	+06 38 12.2	1.000811	1917.7
Apr 22	8595.5	13:59:04.4	-01:19.6	01 57 43.67	+12 01 29.8	1.004979	1909.8
May 07	8610.5	14:58:12.7	-03:22.9	02 54 48.77	+16 40 22.7	1.008912	1902.3
May 22	8625.5	15:57:21.0	-03:22.8	03 53 57.15	+20 16 55.5	1.012148	1896.2
Jun 07	8641.5	17:00:25.9	-01:15.3	04 59 09.55	+22 41 57.5	1.014824	1891.2
Jun 22	8656.5	17:59:34.2	+01:50.9	06 01 24.18	+23 26 06.9	1.016266	1888.5
Jul 07	8671.5	18:58:42.6	+04:49.7	07 03 31.28	+22 37 59.4	1.016741	1887.7
Jul 22	8686.5	19:57:50.9	+06:26.3	08 04 16.28	+20 22 11.6	1.016076	1888.9
Aug 07	8702.5	21:00:55.8	+05:52.7	09 06 47.59	+16 33 26.5	1.014288	1892.2
Aug 22	8717.5	22:00:04.1	+03:04.5	10 03 07.62	+11 56 50.5	1.011617	1897.2
Sep 07	8733.5	23:03:09.0	-01:43.5	11 01 24.55	+06 15 20.4	1.007953	1904.1
Sep 22	8748.5	00:02:17.3	-07:02.1	11 55 14.26	+00 30 57.3	1.003962	1911.7
Oct 07	8763.5	01:01:25.7	-11:57.9	12 49 26.75	-05 18 07.4	0.999679	1919.9
Oct 22	8778.5	02:00:34.0	-15:26.3	13 45 06.57	-10 51 49.5	0.995418	1928.1
Nov 07	8794.5	03:03:38.9	-16:22.8	14 47 14.98	-16 07 11.2	0.991167	1936.4
Nov 22	8809.5	04:02:47.2	-14:06.9	15 48 39.21	-20 00 46.1	0.987822	1942.9
Dec 07	8824.5	05:01:55.5	-08:54.2	16 53 00.21	-22 32 36.3	0.985237	1948.0
Dec 22	8839.5	06:01:03.9	-01:50.8	17 59 12.00	-23 26 09.2	0.983717	1951.0



Coordinates Координаты	Piatra Neamt Пятра-Нямц
λ ( E / в.д. )	+26° 22'
φ ( N / с.ш. )	+46° 56'
Timezone Часовой пояс	UT+03

$$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

$$M_E = 5.974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$