

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ  
ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ  
(КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ)**

**КИЇВСЬКЕ ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ  
МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ  
(КИЇВСЬКА МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК)**

Відділення: фізики та астрономії

Секція: Аерофізика та космічні дослідження

Базова дисципліна: фізика

## **КОЛОНІЗАЦІЯ МАРСА**

**РОБОТУ ВИКОНАЛА:**

Слухач

Калініченко Анастасія Андріївна  
учениця 9 класу гімназії №32 «Успіх»  
Печерського району міста Києва

Педагогічний керівник:

Животова Оксана Михайлівна  
Учитель I категорії гімназії №32 «Успіх»  
Печерського району міста Києва

## ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	<b>4</b>
<b>Розділ 1. Земля не вічна.....</b>	<b>6</b>
<b>Розділ 2. Політ на Марс .....</b>	<b>10</b>
2.1 Чому саме планета Марс?.....	10
2.2 Близька реальність чи далека перспектива? .....	11
2.3 Місія на Марс.....	12
2.4 Реаліті – шоу «Місія на Марс».....	13
<b>Розділ 3. Побудова траєкторій планет у геліоцентричній і геоцентричній системах.....</b>	<b>14</b>
3.1 Вигляд планетних траєкторій з точки зору земного спостерігача .....	14
3.2 Побудова траєкторії руху Землі і Марсу навколо Сонця.....	16
3.3 Паралельне перенесення початку координат у центр Землі.....	16
<b>Висновки .....</b>	<b>20</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>212</b>
<b>Додатки.....</b>	<b>23</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** 13 березня 2011 року – після кількох днів страшного землетрусу в Японії, – Італійський інститут геофізики зробив невтішну заяву: «Земна вісь змістилась на 10 сантиметрів». Вчені акцентують увагу людства на тому, що за інтервал в 7 років – це вже втретє. Страшенні поштовхи на Суматрі (Індія) в 2004 році змінили нахил на 6 см, Чилійська катастрофа (Південна Америка) в 2010 році додала ще 8 см зміщення вісі обертання Землі. Це відобразилося на кліматі, тривалості доби і біологічному ритмі землян. Але, саме головне, показало настільки нестійкою є «земна колиска».

За дослідженнями вчених, катаклізми трапляються кожні 26 000 років. Є багато версій того, чому це відбувається. Одні вчені вважають, що неминуче вимирання всього живого настає внаслідок удару із Космосу. Інші – впевнені, що кожна нова цивілізація, досягаючи високого техногенного рівня, сама себе вбиває. Зрозумілим є одне – загибель цивілізації неминуче. Знаючи це, нам потрібно намагатися зберегти життя будь-якою ціною. Людству потрібна «запасна» планета. Наприклад, сусідня Червона планета – Марс – може стати новою «домівкою» для землян. Отже тема наукової роботи, на сьогоднішній день є актуальною і потребує детальнішого вивчення.

**Об'єкт дослідження:** майбутнє планети Земля.

**Предмет дослідження:** створення колоній на планеті Марс.

**Мета роботи:** проаналізувати планети, на яких умови існування близькі до земних та можливість створення на них колоній.

**Завдання роботи:**

- побудова планетних траєкторій з точки зору земного спостерігача;
- побудова траєкторії руху Землі і Марсу навколо Сонця;
- паралельне перенесення початку координат у центр Землі.

**Структура роботи:** робота складається з 3 розділів, 7 підрозділів і 2 додатків.

*Методи дослідження.* Методологічною основою проведеного дослідження стали загальні методи наукового пізнання, порівняння, вимірювання та дедуктивний метод.

## РОЗДІЛ 1

### ЗЕМЛЯ НЕ ВІЧНА

Планета наша тендітна. Цей епітет народився, коли людям вдалося поглянути з Космосу на Землю. Альберт Швейцер, філософ, музикант, лікар і великий гуманіст 20-го століття, писав у переддень космічного століття і глобальних проблем людства, що Земля може загинути від будь-якої космічної випадковості або спочатку непомітного порушення в біосфері планети. Розглянемо детальніше причини виникнення загрози життю землян.

*По-перше*, однією з глобальних проблем є проблема забруднення водних ресурсів. Ми живемо в «казковий» час, коли можна підпалити море, тому, що воно нерідко покривається нафтовою плівкою через аварії супертанкерів. Нафтове забруднення сьогодні загрожує вбити життя в океанах і морях. Адже, Світовий океан не тільки займає 71 % поверхні планети, а й містить половину біомаси Землі, а океанічний фітопланктон поставляє основну частину вільного кисню а атмосферу.

*По-друге*, розглядаючи екологічні проблеми водяних ресурсів, необхідно торкнутися до гідроенергетики. Виробництво електроенергії на ГЕС розраховане на невичерпний потік води. ГЕС не потребують палива, а АЕС та ТЕС використовують невідновні природні ресурси, до того ж при спалюванні органічного палива на ТЕС виділяється в атмосферу велика кількість вуглекислого газу та інших шкідливих сполук, які сприяють виникненню такого явища, як "парниковий ефект".

*По-третє*, торкнувшись проблеми гідроенергетики, не можна обійти не менш важливі проблеми атомної енергетики. Основу її складають АЕС. Безумовно, використання керованої ядерної енергії вигідно і перспективно. АЕС практично не забруднюють навколишнє середовище, під час роботи. Доставка на АЕС компактного уранового палива не вимагає високих транспортних витрат. Саме тому АЕС ефективні в районах енергоємних

виробництв, де паливних ресурсів немає. Вже з цього ясно, що атомна енергетика має бути технологічно безаварійною і бездоганною. Але варто лише пригадати аварію в Чорнобилі, далеко не першу у світовій атомній енергетиці, але найбільш масштабну. У результаті руйнування реактора в навколишнє середовище потрапили десятки мільйонів радіоактивних речовин. У перші 2-3 доби спостерігалось найбільш потужне випромінювання радіоактивних продуктів. Висота струменя радіоактивного викиду 27 квітня, за даними з літака, перевищувала 1 200 м. Всього було два залпових викидів. Закінчення високорадіоактивного газоаерозольного струменя з оголеною радіоактивною зоною через спалах графітової кладки реактора тривало протягом 10 діб. Викинуті у момент аварії речовини поширилися на територіях Білорусі, Київської, Житомирської областей України, на частину Брянської області. Всього виявилися забрудненими одинадцять областей з населенням 17 млн. чоловік. Радіоактивні частки досягли з повітряними потоками окремих районів Кавказу, Сибіру і Середньої Азії. Незначне підвищення рівнів радіації відзначено навіть над територією Швеції, Фінляндії, Польщі та інших 23 держав – членів МАГАТЕ. Невеликі кількості радіоактивних речовин були перенесені за межі Європи, включаючи Китай, Японію і США.

*По четверте,* не можна не згадати про проблему захоронення радіоактивних відходів. Для кожного з кількох видів існує своя технологія захоронення. Можуть створюватися спеціальні могильники. Радіоактивні відходи герметично ізолюються в бетонних контейнерах або залізних баках і укладаються в бетонні саркофаги. Контейнери можуть руйнуватися, і тоді відходи проникають в ґрунт і ґрунтові води. Якщо навіть через тисячу років буде пробурено свердловину в місці, де похований, наприклад, плутоній, то виникне небезпека для життя. Єдино вірний спосіб – переробка радіоактивних відходів. В Франції, де 75 % електроенергії дають АЕС, цей спосіб є найбільш поширений. На жаль, навіть мирний атом виявляється грізною і часом непередбачуваною силою. Чорнобильська трагедія зайвий раз застерегла проти навмисного антилюдського застосування ядерної енергії [7].

*По-н'яте*, проблеми більшості країн сильно загострилися через демографічний вибух. За даними ООН населення планети сьогодні становить понад 6 млрд. людина (проти 1,8 млрд. чоловік у 1900 р.). Очікується, що це число зросте до 8,5 млрд. до 2025 р. У Індії чисельність населення виросте з 819 млн. до 4,46 млрд., в Нігерії зі 105 до 301 млн., а Мексиці з 85 до 150 млн. людина. У промислових ж районах демографічна динаміка незначна, а деяких навіть негативною.

Нині загальна кількість населення світу зростає на 1 млн. людина кожні 4–5 днів (тут мають на увазі чистий приріст, народжуваність – смертність). У цій ситуації важко передбачити можливості забезпечення необхідною їжею, житлом, якісним медичним обслуговуванням та освітою. Викликає занепокоєння і те, що зростання чисельності населення випереджає виробництво продуктів. Хоча зростання чисельності населення дає приріст робочої сили, але цей приріст відбувається у районах, де вже сьогодні є безробіття і бідність [8].

*По-шосте*, група експертів зі змін клімату оприлюднила свою доповідь, яка містить прогнози щодо глобального потепління і пов'язаного з ним підвищення рівня Світового океану.

Це змусило людей усього світу замислитися над тим, що саме очікує нас у майбутньому. У Парижі були озвучені результати дослідження групи експертів з усього світу. Вони стверджують, що період глобального потепління на Землі триватиме більше тисячі років. При цьому до 2100 році, в кращому випадку, середня температура на планеті збільшиться на 1,8-4 градуси. У гіршому на 6,4 градуса. Це, у свою чергу, призведе до танення льодовиків Антарктиди і Гренландії, рівень Світового океану до кінця 21 століття підвищиться на 18-59 сантиметрів, більш частими стануть періоди спеки і сильних опадів, збільшиться сила циклонів і ураганів.

В результаті, сотні мільйонів людей будуть змушені залишити свої будинки. Багато прибережних міст будуть затоплені. За прогнозами вчених, води океану затоплять острів держави Кірібаті в Тихому океані, китайський

Шанхай і аргентинську столицю Буенос-Айрес. А ось Сіднею, наприклад, передбачені катастрофічні засухи і вимирання флори і фауни. Одним словом, наша планета у великій небезпеці.

А виною тому "на 90 %", як вважають експерти, людина, з чиєї вини в атмосфері скупчуються парникові гази, метан, закис азоту, а також гідрофторвуглеці, перфторвуглероди і гексафторид сірки. Втім, навіть якщо кількість викидів вдасться скоротити, пояснює директор Головної геофізичної обсерваторії ім. Воєйкова Володимир Катц, зупинити підвищення глобальної температури (в середньому на 0,2 градуса за десятиліття) не вийде через термічну інерцію океану.

*По-сьоме*, на сьогоднішній день, вчені порахували, що Землі лишилося жити 5 млрд років. Зарубіжні астрономи виявили в Космосі систему, яка складається з червоного гіганта та двох планет розміром з Юпітер, які обертаються біля вмираючої зірки. За словами науковців, саме ця ситуація точно відтворює майбутнє Землі через 5 млрд. років, коли Сонце знищить нашу планету. Дане відкриття належить астрономам з університетів Тулузи, Франції, Монреалю і Арізони [6].

Спотворення в світлових сигналах від зірки-субкарлика КІС 05807616 класу В видало присутність поряд з нею двох планет. Небесні тіла, що отримали назви КОІ 55.01 і КОІ 55.02, обертаються в небезпечній близькості від червоного гіганта, який знаходиться в 4 тис. світлових років від Землі. Роздута зірка вже знищила зовнішні шари планет, їх атмосферу і поверхню. На часі від двох небесних тіл залишилися тільки їх розпечені ядра. Науковці зазначають, що подібна доля чекає і Землю. Сонце, вичерпавши запаси водню, стане червоним гігантом і роздується, досягнувши кордонів Землі, і, швидше за все, знищить планету повністю.

## РОЗДІЛ 2

### ПОЛІТ НА МАРС

#### 2.1 Чому саме планета Марс?

Слід зазначити, що за характеристиками відстань між планетами та розміри планет варто обрати для переселення на планету Венера. Але, хоча у Венери й Землі близькі розміри, середня густина й навіть внутрішня будова, проте Земля має досить потужне магнітне поле, а Венера його не має.

Також розглянемо спільні ознаки планети Земля і Марса:

- Доба на Марсі триває 24 години 39 хвилин 35,244 секунди, що дуже близько до земних умов.
- Площа поверхні Марса становить 28,4 % земної – трохи менше площі суші на Землі (що становить 29,2 % від усієї земної поверхні).
- Нахил осі Марса до площини екліптики становить  $25,19^\circ$ , а земної –  $23,44^\circ$ . Внаслідок чого на Марсі, як і на Землі, існує зміна пір року, хоча вона і відбувається майже удвічі довше, оскільки марсіанський рік у 1,88 рази довше земного.
- На Марсі є атмосфера. Не зважаючи на те, що її щільність становить лише 0,007 земної, вона дає мінімальний початковий захист від сонячної радіації, а також була успішно використана для аеродинамічного гальмування космічного літального апарату.
- Останні дослідження НАСА підтвердили наявність води на Марсі. Таким чином, умови на Марсі можуть виявитись достатніми для підтримання життя.
- Параметри марсіанського ґрунту (співвідношення рН, наявність необхідних для рослин хімічних елементів, та деякі інші характеристики) близькі до земних, і на марсіанському ґрунті теоретично можливо вирощувати рослини [9].

## 2.2 Близька реальність чи далека перспектива?

Марс – планета земного типу з розрідженою атмосферою. Через червоний колір його іноді називають Червоною планетою. Колонізація Марса – створення постійних людських поселень на планеті Марс [10].

Марс завжди був центром уваги як різноманітних припущень, так і серйозних досліджень в області створення колоній.

Експерти американського космічного агентства докладно розповіли про плани що стосуються майбутнього польоту людей на Марс. НАСА планує 30-місячну подорож на Червону планету на кораблі вагою в 400 тонн із невеликим екіпажем на борту.

Про деталі цієї експедиції, що готується в рамках нової космічної програми НАСА, представники агентства розповіли в Х'юстоні на засіданні Групи по вивченню й дослідженню Місяця.

Так, ще у січні 2004 року було оголошено про нову космічну програму, що передбачає нові польоти астронавтів на Місяць до 2020 року, а потім – політ на Марс. Космічний корабель полетить на Марс за допомогою 3-4 важких ракетноносіїв нового покоління Ares V, які розробляє НАСА. Сам корабель буде оснащений двигуном на криогенному паливі. Корабель буде запущений у лютому 2031 року й досягне Марса через 6-7 місяців. Вартість усього проекту оцінюється різними експертами по-різному – від 20 млрд. доларів до 450 млрд.

На презентації плану було зазначено, що до моменту запуску багато чого може змінитися. Проте, виступаючі підкреслили, що представлена стратегія місії щодо висадження астронавтів на поверхню Червоної планети є на даний момент "найкращою". Апарат з вантажем і жилим відсіком будуть відправлені на Марс до прибуття астронавтів: у грудні 2028 – січні 2029 року.

У польоті астронавти зможуть вирощувати для себе фрукти й овочі. На Марсі експедиція пробуде приблизно 16 місяців, і весь цей час астронавти будуть використовувати ядерну енергію для життєвих потреб.

Однак, як вказали представники НАСА, достроково перервати місію або доставити для екіпажу нові запаси буде практично неможливо. Це значить, що астронавти повинні будуть повністю забезпечувати себе самі. Для цього, серед іншого, потрібно добре знати устаткування й могли при необхідності полагодити його та навіть виготовити нові запчастини.

Космічний апарат буде оснащений замкнутими системами для підтримки життя, які будуть очищати повітря й воду. На його борту будуть також рослини, які забезпечать екіпаж їжею, а також створять для людей "здорову психологічну обстановку".

У звіті Комітету НАСА по розробці стратегій безпілотних і пілотованих експедицій говориться про те, що для забезпечення безпечного польоту екіпажа потрібно буде розв'язати ще багато складних проблем. Експерти НАСА повинні вирішити, як захистити астронавтів від високого рівня космічної радіації під час перельоту до Марса та перебування на ньому. Крім того, потрібно буде забезпечити екіпаж медичними устаткуваннями для діагностування та лікування хвороб і травм.

### 2.3 Місія на Марс

Баз Олдрін став особливою людиною на Місяці. У липні 1969 він разом з Нілом Армстронгом зробив велетенський крок для людства. Тоді Олдрін був провідним американським астронавтом у програмі NASA «Аполон». Зараз, у віці 83 років його ентузіазм до космічних досліджень не згасає. Він автор багатьох книг, у яких помагає дослідження Космосу. У своїй останній праці «Місія на Марс» Баз Олдрін виклав своє бачення освоєння людиною Червоної планети: «Місія на Марс буде виправданою якщо ми зможемо зробити поступове і постійне освоєння планети. Немає сенсу організувати політ, щоб повернутися. Врешті-решт це не екскурсія, а освоєння Марсу».

## 2.4 Реаліті – шоу «Місія на Марс»

Колонізація Марса не наукова фантастика, а недалеке майбутнє. Приватна нідерландська компанія MarsOne планує через 7 років збудувати невелику населену станцію на Червоній планеті. На першому етапі проекту до Марса відправлять супутник зв'язку. Запуск заплановано на 2020 рік. У 2022 році туди доправлять марсохід, ще через рік до червоної планети полетить вантажний корабель з необхідною, для майбутньої станції, інфраструктурою. Перші люди на Марсі висадяться в 2025 році. Це будуть четверо сміливців з квитками в один кінець. Їх ніхто не забиратиме назад, навпаки, кожні два роки на станцію доправлятимуть ще чотирьох експедиторів. До 2035 року на Марсі житимуть близько 20 людей.

Засновник компанії Mars One – Бас Лансдарп, питання фінансування місії на Марс планує вирішити за рахунок телебачення – завдяки трансляції телешоу. Це буде перше у світі реаліті – шоу. Жителі Землі зможуть прямому ефірі спостерігати за колонізацією Марса. Очікуваний бюджет для місії складає 6 млрд. доларів.

## РОЗДІЛ 3

### ПОБУДОВА ТРАЄКТОРІЙ ПЛАНЕТ У ГЕЛІОЦЕНТРИЧНІЙ І ГЕОЦЕНТРИЧНІЙ СИСТЕМАХ

#### 3.1 Вигляд планетних траєкторій з точки зору земного спостерігача

Геліоцентрична система відліку. Розглянемо випадок руху планети навколо Сонця на основі наступних припущень:

*Припущення 1.* Маса планети набагато менша за масу центрального тіла – Сонця:  $m_{pl} \ll m_C$ . Як і раніше, це дозволить вважати Сонце нерухомим.

*Припущення 2.* Відстань між планетою та Сонцем значно перевищує їхні розміри, тобто вважатимемо ці тіла матеріальними точками. Це забезпечить застосовність закону всесвітнього тяжіння.

*Припущення 3.* Знехтуємо опором середовища, адже реально планети рухаються у вакуумі.

*Припущення 4.* Будемо також нехтувати впливом інших тіл Сонячної системи на дану планету. У такому разі на неї діятиме тільки одна сила всесвітнього тяжіння з боку Сонця.

Побудуємо в одній координатній площині траєкторії руху Землі і Марсу навколо Сонця. Відповідні дані про планети будемо брати з [4, с.120-133].

*Зауваження.* У відповідності до припущень ми розглядатимемо не систему з трьох взаємодіючих тіл, а дві незалежні системи з двох тіл кожна.

Нагадаємо, що рух планети відбувається у площині, в якій лежать вектор  $\mathbf{v}$  швидкості планети і центр Сонця. В цій самій площині знаходиться і вектор  $\mathbf{F}$  сили тяжіння.

Опис такого руху здійснимо в прямокутній системі координат з початком у центральному тілі (рис. 3.1).

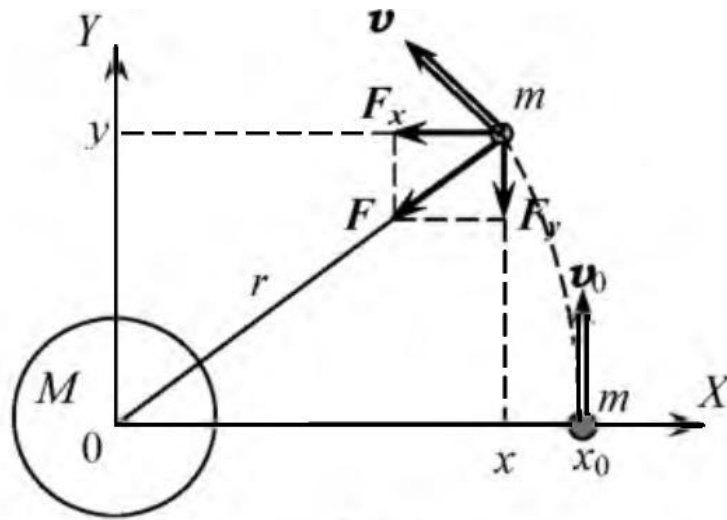


Рис. 3.1

Тут  $F_x$  і  $F_y$  – складові вектора  $F$  сили тяжіння;  $M$ ,  $m$  – відповідно маси Сонця й планети;  $\mathbf{v}$  – вектор орбітальної швидкості планети. Положення планети визначається двома координатами  $x$ ,  $y$ . Початковим координатам планети надаємо значень  $x = x_0$ ,  $y = 0$ ; початкову швидкість планети визначає вектор  $\mathbf{v}_0$ .

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	$a_{1v}$	$a_{2x}$	$a_{2v}$	$v_{1x}$	$v_{1v}$	$v_{2x}$	$v_{2v}$	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	Дано:	(CI)
2												$G= 6,67E-11$	
3												$\Delta t= 172800$	
4												$M= 1,99E+30$	
5												$m_1= 5,98E+24$	
6												$m_2= 6,43E+23$	
7												$r_1= 1,50E+11$	
8												$r_2= 2,28E+11$	
9												$v_{1x}(0)= 0$	
10												$v_{1v}(0)= 29791,25235$	
11												$v_{2x}(0)= 0$	
12												$v_{2v}(0)= 24136,9502$	
13												$x_1(0)= 1,50E+11$	
14												$y_1(0)= 0$	
15												$x_2(0)= 2,28E+11$	
16												$y_2(0)= 0$	

Рис.3.2

Параметри з індексом 1 відповідають Землі, з індексом 2 – Марсу (рис.3.2). Вибір в якості початкових швидкостей відповідно розрахованих (комірки N10, N12) перших космічних швидкостей забезпечує колові траєкторії руху планет,

що є спрощенням їх реального руху, особливо це стосується Марсу (додатки А, Б).

### 3.2 Побудова траєкторії руху Землі і Марсу навколо Сонця

За даними стовпців Н, І та І, К будуюмо графіки  $y_1 = y_1(x_1)$ ,  $y_2 = y_2(x_2)$  – траєкторії рухів (орбіти) Землі та Марсу відповідно (рис. 3.3).

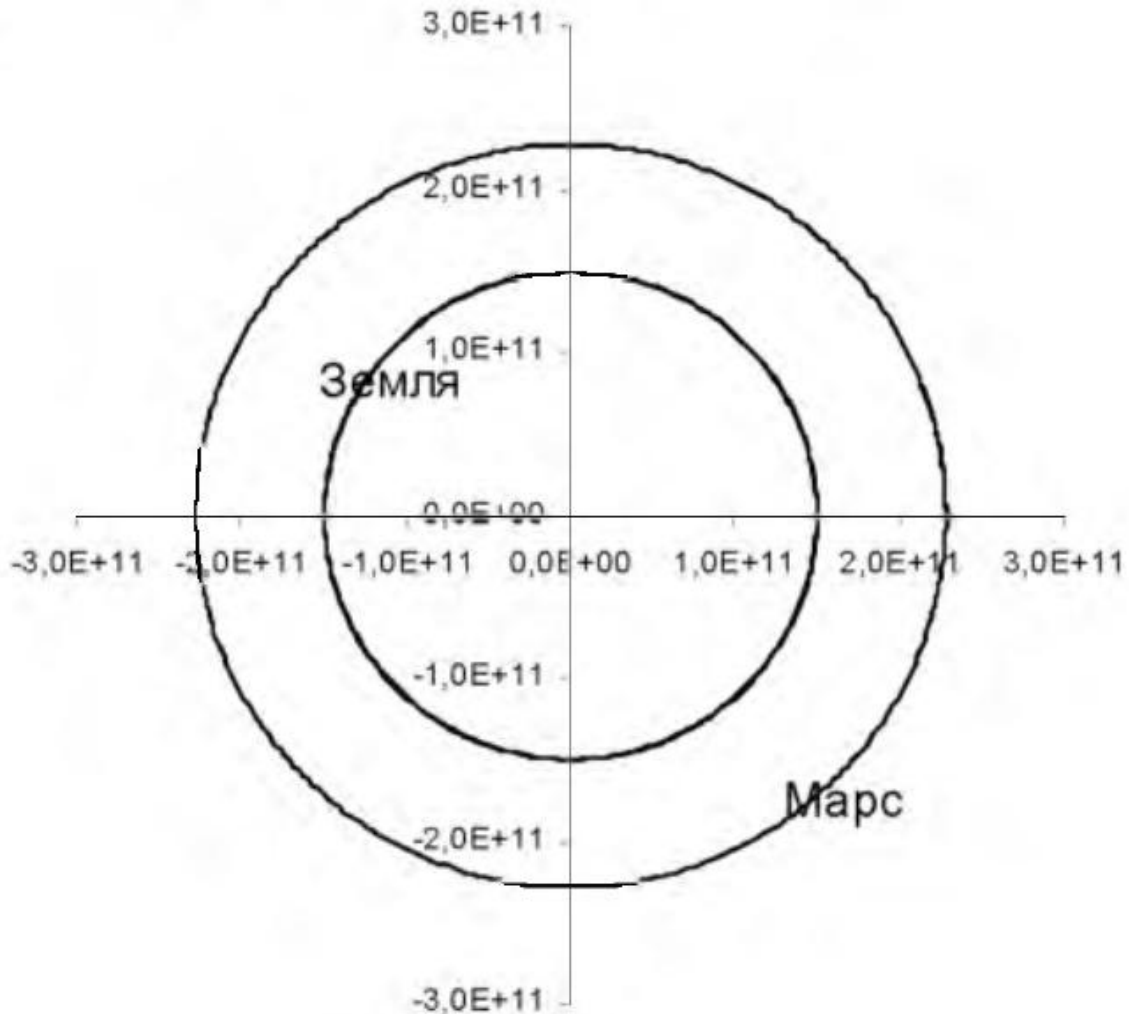


Рис. 3.3

### 3.2 Паралельне перенесення початку координат у центр Землі

*Геоцентрична система відліку.* Відповідний перехід виконаємо паралельним перенесенням початку координат у центр Землі, отримавши таким чином вигляд траєкторії руху Марсу з позиції земного спостерігача (рис. 3).

Для цього внесемо наступні зміни до таблиці: перед стовпцем "Дано" вставимо три нові стовпці, які позначимо  $\Delta x = x_2 - x_1$ ,  $\Delta y = y_2 - y_1$  – відносні координати Марсу в системі відліку "Земля" та  $r_{12}$  – відстань між планетами.

Комірка	Формули / числа	Примітки
M2	=K2-I2	копіювати в M3-M366
N2	=L2-J2	копіювати в N3-N366
O2	=(M2^2+N2)^0,5	копіювати в O3-O366

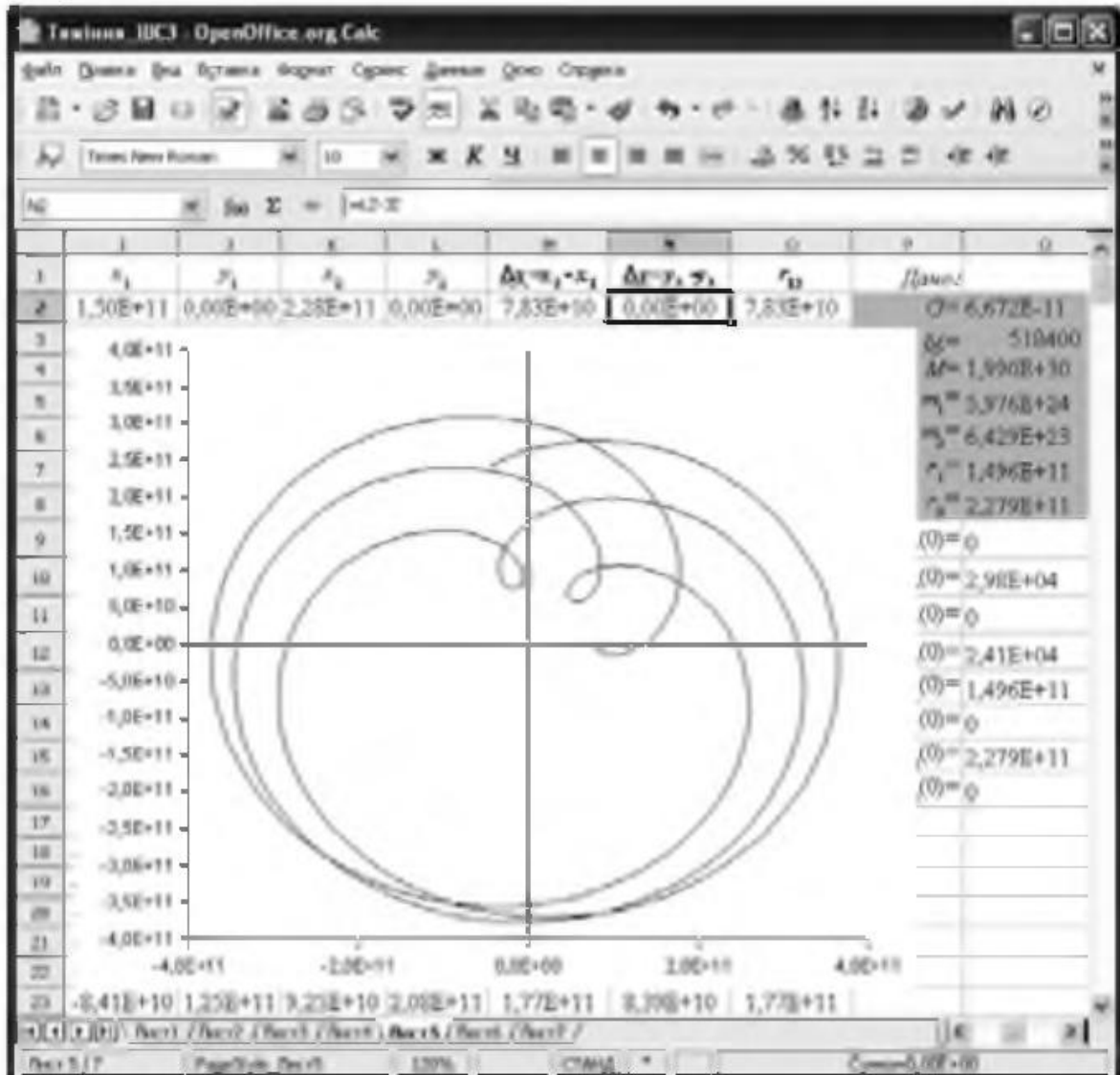


Рис. 3.4

Рисунок 3.4 відображає видиму з Землі траєкторію руху Марсу на небесній сфері. Слід звернути увагу на той факт, що поява петлеподібних траєкторій є суто кінематичним, а не динамічним ефектом, обумовленим переходом до

іншої системи відліку. Саме такі петлеподібні рухи планет спостерігали ще прадавні астрономи Шумеру, Єгипту, Китаю, Давньої Греції.

Систематизацію таких рухів дав Клавдій Птоломея (100-165 рр. н.е.), який створив теорію видимого руху Сонця, Місяця і планет [2, с.55-56]. На основі каталогу Гіппарха, власних спостережень та фізики Аристотеля він розробив

найбільш докладну й популярну геоцентричну систему світу, яка визначала космологічні уявлення вчених протягом наступних 1500 років. Праця Птоломея "Велика математична побудова астрономії" (в арабському перекладі "Альмагест") у тринадцяти книгах стала науковою астрономічною енциклопедією давнини та Середньовіччя.

За теорією Птоломея Земля нерухома та знаходиться в центрі світу, а всі решта планети разом із Сонцем і Місяцем рівномірно обертаються навколо Землі по коловим орбітам. Для пояснення руху планет Птоломея застосував систему гармонійних епіциклів та деферентів.

Складний петлеподібний рух описувався сумою кількох гармонійних рухів за формулою

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(\omega_n t + S_n), n=1$$

де  $n$  – кількість епіциклів, необхідних для задовільного опису руху планети,

$\omega_n$  – колова частота,

$t$  – час,

$A_n$  – амплітуда,

$S_n$  – початкова фаза.

Епіциклічна система Птоломея була простою, універсальною, економною і, незважаючи на свою принципову хибність, дозволяла прогнозувати астрономічні явища з будь-якою необхідною точністю. З її допомогою можна

розв'язувати деякі задачі й сучасної астрометрії, небесної механіки й космонавтики.

Одним із творців нової астрономії і нового наукового світогляду став Микола Копернік (1473-1543). У своїй праці "Про обертання небесних сфер"

він виклав геліоцентричну теорію, яка висунула найважливіший принцип будови Всесвіту – його рухомість, планетарність Землі усувала давні уявлення про унікальність її як центра обертання Всесвіту. Учням буде цікаво дізнатись, що розрахунки руху планет "за теорією М. Коперніка" давали меншу точність у передбаченні положень планет, ніж розрахунки "за теорією Птолемея". Справа в тому, що в теорії М. Коперніка планети мали рухатись рівномірно по ідеально круглим орбітам. Насправді ж, як пізніше встановив Й. Кеплер, орбіти планет мають форму еліпса, а швидкості їхнього руху періодично змінюються [2, с. 62-67].

Сам Птоломей з честю справжнього вченого визнавав виключно прикладний характер своєї системи і відмовлявся розглядати її як космологічну за браком переконливих доказів на користь гео- чи геліоцентричної теорій світу.

Повертаючись до результатів моделювання, зазначимо, що за даними зі стовпця  $r_1$  і  $r_2$  можна визначити відстань між планетами під час протистоянь. І хоч якісна картина відносного руху Марсу є цілком задовільною, та через уведені до моделі спрощення (рівномірний рух планет по коловим орбітам) кількісні результати відрізняються від відомих із спостережень.

Зокрема, відстань між Землею та Марсом під час великого протистояння має бути ~55 млн. км, тоді як за таблицею отримуємо суттєво менше значення.

Для подолання цього недоліку скористаємося описаним у [1, с. 22-28] перенесенням початку координат до центру Землі: до характеристик об'єкту був введений параметр, яким може володіти лише один об'єкт у системі; при обчисленні траєкторій руху цей об'єкт вважається нерухомим, а решта – такими, що рухаються навколо нього.

## ВИСНОВКИ

Отже, за прогнозами вчених, в недалекому майбутньому, а саме, – через 5 мільярдів років сотні мільйонів людей будуть змушені залишити свої домівки. Одні вчені вважають, що неминуче вимирання всього живого настане внаслідок удару із Космосу. Інші – впевнені, що кожна нова цивілізація, досягаючи високого техногенного рівня, сама себе вбиває. Зрозумілим є одне – загибель цивілізації неминуче.

За проведеними дослідженнями можна зробити висновок, що Марс – планета, подорож до якої із Землі потребує найменших енергетичних витрат. Подорож по найекономічнішій напівеліптичній орбіті триватиме близько 9 місяців, а із підвищенням початкової швидкості час польоту швидко скоротиться, оскільки зменшиться і довжина траєкторії.

На сьогоднішній день, колонізація Космосу – великий крок для майбутнього людства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Об'єктно-орієнтоване* моделювання у підготовці майбутніх учителів фізики / О.П.Ліннік, Н.В.Моїсеєнко, В.М.Євтеєв, І.О.Теплицький, С.О.Семеріков // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету:

Серія педагогічна. Випуск 12: Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника фізики в світлі сучасної освітньої парадигми. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2006. – С.127-130.

2. *Румянцев А.Ю., Серветник Т.А.* Астрономия: Учебно-методическое пособие для преподавателей астрономии, студентов педагогических вузов и учителей средних учебных заведений / Под ред. А.В.Усовой. – Магнитогорск: МаГУ, 2003. – 309 с.

3. *Соловійов В.М., Семеріков С.О., Теплицький І.О.* Інструментальне забезпечення курсу комп'ютерного моделювання // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2000. – №2. – С.28-32.

4. *Струве О., Лінде Б., Пилланс Э.* Элементарная астрономия. – М.: Наука, 1964. – 468 с.

5. *Теплицький І.О.* Елементи комп'ютерного моделювання: Навч. посібник. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 208 с.

6. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.utro.ua/ru/zhizn/budushchee\\_zemli\\_opredeleno\\_my\\_vse\\_utonem\\_ili\\_sgorim\\_\\_4a07d8f80228e](http://www.utro.ua/ru/zhizn/budushchee_zemli_opredeleno_my_vse_utonem_ili_sgorim__4a07d8f80228e).

7. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://reff.net.ua/425-Zemlya\\_nash\\_obshiiy\\_dom\\_ekologicheskaya\\_obstanovka\\_problemy\\_sohraneniya\\_zhizni\\_na\\_Zemle.html](http://reff.net.ua/425-Zemlya_nash_obshiiy_dom_ekologicheskaya_obstanovka_problemy_sohraneniya_zhizni_na_Zemle.html).

8. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bukvar.su/jekologija/page,4,198075-Problema-perenaseleniya-Zemli.html>.

9. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.space.vn.ua/news/news-027.html>.

10. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia>.

## ДОДАТОК А

Комі-рка	Формули / числа	Примітки
N9	=0	відповідно до <i>рис. 1</i>
N10	$=(N2*N4/N7)^{0,5}$	перша космічна швидкість для Землі
N11	=0	відповідно до <i>рис. 1</i>
N12	$=(N2*N4/N8)^{0,5}$	перша космічна швидкість для Марсу
N13	=N7	
N14	=0	
N15	=N8	
N16	=0	
A2	$=-SN\$2*SN\$4*I2/((I2)^2+(J2)^2)^{1,5}$	копіювати в A3, A4
B2	$=-SN\$2*SN\$4*J2/((I2)^2+(J2)^2)^{1,5}$	копіювати в B3, B4
C2	$=-SN\$2*SN\$4*K2/((K2)^2+(L2)^2)^{1,5}$	копіювати в C3, C4
D2	$=-SN\$2*SN\$4*L2/((K2)^2+(L2)^2)^{1,5}$	копіювати в D3, D4
E2	=N9	
F2	=N10	
G2	=0	
H2	=N12	
I2	=N13	
J2	=N14	
K2	=N8	
L2	=0	
E3	$=E2+A2*SN\$3^{0,5}$	
F3	$=F2+B2*SN\$3^{0,5}$	
G3	$=G2+C2*SN\$3^{0,5}$	
H3	$=H2+D2*SN\$3^{0,5}$	
I3	$=I2+E3*SN\$3$	копіювати в I4
J3	$=J2+F3*SN\$3$	копіювати в J4
K3	$=K2+G3*SN\$3$	копіювати в K4
L3	$=L2+H3*SN\$3$	копіювати в L4
E4	$=E3+A3*SN\$3$	
F4	$=F3+B3*SN\$3$	
G4	$=G3+C3*SN\$3$	
H4	$=H3+D3*SN\$3$	

## ДОДАТОК Б

Microsoft Excel - ман														
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка														
AA10 fx 60% Times New Roman														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	$a_{1z}$	$a_{1y}$	$a_{2z}$	$a_{2y}$	$v_{1z}$	$v_{1y}$	$v_{2z}$	$v_{2y}$	$x_z$	$y_z$	$x_y$	$y_y$	Дано:	(CI)
2	-5,93E+03	0,00E+00	-2,56E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,98E+04	0	24136,9582	1,50E+11	0	2,28E+11	0	G=	6,67E-11
3	-5,93E+03	-2,04E-04	-2,56E+03	-4,68E-05	-5,13E+02	2,98E+04	-2,21E+02	2,41E+04	1,50E+11	5,15E+09	2,28E+11	4170664995	$\Delta t=$	172800
4	-5,92E+03	-4,08E-04	-2,56E+03	-9,36E-05	-1,54E+03	2,98E+04	-662,6061476	2,41E+04	1,49E+11	1,03E+10	2,28E+11	8941031301	M=	1,99E+30
5	-5,90E+03	-6,12E-04	-2,56E+03	-1,40E-04	-2,56E+03	2,97E+04	-1104,343579	2,41E+04	1,49E+11	1,54E+10	2,28E+11	12309881145	m1=	5,98E+24
6	-5,88E+03	-8,16E-04	-2,56E+03	-1,87E-04	-3,38E+03	2,97E+04	-1546,081011	2,41E+04	1,48E+11	2,06E+10	2,27E+11	16676475793	m2=	6,43E+23
7	-5,84E+03	-1,02E-03	-2,56E+03	-2,34E-04	-4,59E+03	2,95E+04	-1987,818443	2,41E+04	1,47E+11	2,57E+10	2,27E+11	20840357664	r1=	1,50E+11
8	-5,80E+03	-1,22E-03	-2,56E+03	-2,80E-04	-5,60E+03	2,94E+04	-2429,553874	2,41E+04	1,46E+11	3,08E+10	2,27E+11	25008749461	r2=	2,28E+11
9	-5,76E+03	-1,42E-03	-2,56E+03	-3,27E-04	-6,61E+03	2,92E+04	-2871,293306	2,41E+04	1,45E+11	3,59E+10	2,26E+11	29156954496	$v_{1z}(0)=$	0
10	-5,70E+03	-1,62E-03	-2,56E+03	-3,74E-04	-7,60E+03	2,89E+04	-3313,030738	2,40E+04	1,44E+11	4,09E+10	2,25E+11	33308276825	$v_{1y}(0)=$	29791,25235
11	-5,64E+03	-1,82E-03	-2,56E+03	-4,20E-04	-8,59E+03	2,86E+04	-3754,768169	2,40E+04	1,42E+11	4,59E+10	2,25E+11	37454021392	$v_{2z}(0)=$	0