

Астрономія				Лобач І. В.
Група				
№ уроку				
Дата				

ЗАКОНИ КЕПЛЕРА. ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ І РОЗМІРІВ НЕБЕСНИХ ТІЛ

ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ:

Предметна компетентність: розглянути закони руху космічних тіл у центральному полі тяжіння (закони Кеплера), траєкторії руху космічних тіл та їх основні характеристики, ознайомити з величинами космічних швидкостей, методи визначення розмірів і маси небесних тіл;

Ключові компетентності:

Спілкування державною мовою - спілкуватися сучасною науковою мовою з використанням усталених астрономічних термінів та понять; чітко та однозначно формулювати судження та аргументувати їх; налагоджувати комунікації у процесі вирішення навчальних завдань та виконання проєктів; чітко та стисло викладати основний астрономічний зміст питань у письмовій формі; цінувати наукову українську мову; готувати та представляти повідомлення, доповіді та реферати, презентувати результати проєктної діяльності.

Спілкування іноземними мовами - оперувати найбільш вживаними в міжнародній практиці астрономічними термінами; користуватися іншомовними джерелами як додатковими під час виконання навчальних завдань та проєктів;

Математична компетентність - застосовувати математичний апарат і закони фізики для розв'язування астрономічних задач, обґрунтування та доведення тверджень; опрацювання, інтерпретації, оцінювання результатів спостережень; моделювання астрономічних явищ у формі математичних рівнянь і співвідношень;

Основні компетентності у природничих науках і технологіях: пояснювати астрономічні явища, планувати та реалізовувати астрономічні спостереження, фіксувати та опрацьовувати й правильно інтерпретувати та оцінювати їх результати;

Інформаційно-цифрова компетентність: використовувати інформаційні системи для швидкого та цілеспрямованого пошуку інформації; користуватися сучасними гаджетами як інструментальними засобами;

Уміння вчитися впродовж життя: планувати самостійне опрацювання навчального матеріалу з астрономії; визначати цілі навчальної діяльності в короткотерміновому та довготерміновому періодах; виконувати самостійний пошук інформації з використанням різних видів джерел; виділяти головне в опрацьовуваній інформації;

Ініціативність і підприємливість: ухвалювати рішення щодо вибору найоптимальніших альтернатив під час вирішення навчальних завдань з астрономії; пропонувати способи та засоби економії енергетичних, часових, фізичних ресурсів у навчальному процесі та побуті.

Соціальна та громадянська компетентності: відстоювати аргументовано свої погляди на вирішення навчальних завдань та сприймати аргументовані пропозиції товаришів; дотримуватися принципів демократичності та відповідальності під час роботи в групі;

Обізнаність та самовираження у сфері культури: визначити роль астрономії у становленні загальнолюдської культури; пояснювати взаємовплив астрономічної науки та образотворчого, музичного, літературного мистецтва;

Обладнання: роздавальний матеріал, підручник, презентація із демонстрацією та відеоматеріалами, ноутбук, екран(мультимедійний проектор).

Тип уроку: комбінований.

ХІД УРОКУ

■ I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

■ II. ПЕРЕВІРКА ДОМАШНЬОГО ЗАВДАННЯ

ВИБІР ТЕСТУ АБО ОПИТУВАННЯ

Тест

«Видимий рух Сонця. Видимі рухи Місяця та планет»

Варіант 1

Ключ – відповідь

1	2	3	4	5	6
Г	Б	А	А	Б	В

7. Ми не можемо спостерігати проходження Марсу по диску Сонця, бо Марс – зовнішня планета

8. Визначити, яке зодіакальне сузір'я кульмінує опівночі і тоді в діаметрально протилежному сузір'ї зодіаку буде знаходитися Сонце. В тих сузір'ях, які кульмінують опівночі, Сонце буде перебувати приблизно через півроку.

9. При входженні Місяця в тінь Землі, край тіні Землі рухається по поверхні Місяця. Форма тіні відповідає формі тіні, яку відкидає об'єкт. Оскільки край тіні має округлу форму, то і Земля має вигляд округлої форми.

Варіант 2

Ключ – відповідь

1	2	3	4	5	6
А	В	А	Б	А	Б

7. Причиною змін пір року на Землі є постійний нахил осі обертання Землі до площини орбіти та рух Землі навколо Сонця.

8. Під час проходження Меркурія по диску Сонця у вигляді чорної цяточки

Під час повного сонячного затемнення

9. Під час місячного затемнення, Місяць попадає в тінь Землі. Оскільки Земля має атмосферу, сонячні промені розсіяні нею (всі окрім червоного) досягають поверхні Місяця і він набуває забарвлення різних відтінків червоного.

Під час повного сонячного затемнення, Місяць повністю закриває Сонце, стає на одній лінії між Сонцем і Землею.

ФРОНТАЛЬНЕ ОПИТУВАННЯ

Видимий рух Сонця

1. Явище сонцестояння відбувається... *Взимку і влітку*

2. Скільки сузір'їв перетинає Сонце протягом року? *13*

3. Чому дні рівнодення мають такі назви?

В ці дні Сонце рівномірно освітлює земні півкулі – день дорівнює ночі на всій планеті. Ці дні настають восени і навесні.

4. Як визначають сузір'я, у якому перебуває Сонце, адже при цьому зір цього сузір'я не видно?

Визначити, яке зодіакальне сузір'я кульмінує опівночі і тоді в діаметрально протилежному сузір'ї зодіаку буде знаходитися Сонце. В тих сузір'ях, які кульмінують опівночі, Сонце буде перебувати приблизно через півроку.

5. Який проміжок часу між верхньою та нижньою кульмінацією Сонця?

6. Відомо, що кожна зоря на небі належить до одного із сузір'їв. До якого сузір'я належить Сонце?

7. Що є причиною видимого зміщення Сонця відносно зір?

8. Відомо, що в річному русі Землі навколо Сонця її вісь обертання не змінює свого напрямку в просторі. Якими спостереженнями можна це довести?

Видимий рух Місяця

1. Коли в середньому Місяць перебуває ближче до Сонця: під час сонячного затемнення чи місячного?

Під час сонячного затемнення.

2. Поясніть, як місячні затемнення вказують на сферичну форму Землі.

При входженні Місяця в тінь Землі, край тіні Землі рухається по поверхні Місяця. Форма тіні відповідає формі тіні, яку відкидає об'єкт. Оскільки край тіні має округлу форму, то і Земля має вигляд округлої форми.

3. Знаючи, що із Землі видно лише один бік Місяця, поясніть, яке співвідношення між періодом обертання Місяця навколо Землі та його періодом обертання навколо осі.

Період обертання Місяця навколо Землі дорівнює періоду обертання навколо осі. Таке обертання називається синхронним.

4. Чому Місяць добре видно під час повного місячного затемнення, а Сонця не видно під час повного сонячного затемнення?

Під час місячного затемнення, Місяць попадає в тінь Землі. Оскільки Земля має атмосферу, сонячні промені розсіяні нею (всі окрім червоного) досягають поверхні Місяця і він набуває забарвлення різних відтінків червоного.

Під час повного сонячного затемнення, Місяць повністю закриває Сонце, стає на одній лінії між Сонцем і Землею.

5. Чи можна бачити всю поверхню Місяця під час спостережень із Землі?

6. Поясніть за допомогою малюнка, чому Місяць у фазі першої чверті видно звечора.

7. Більшим чи меншим за діаметр Місяця є розмір кругової тіні від Місяця на поверхні Землі під час повного Сонячного затемнення? Відповідь поясніть.

8. Поясніть у які періоди року частіше в середньому відбуваються не повні сонячні затемнення, а кільцеподібні.

Видимі рухи планет

1. Яка із планет Сонячної системи віддаляється на найменшу кутову відстань від Сонця при спостереженнях із Землі? *Меркурій.*

2. Іноді ми можемо спостерігати проходження Меркурія по диску Сонця. Чому ми не можемо спостерігати проходження Марса по диску Сонця?

Ми не можемо спостерігати проходження Марсу по диску Сонця, бо Марс – зовнішня планета.

3. У якому випадку, ми можемо спостерігати без допомоги оптичних приладів рух планети Меркурій опівдні?

Під час проходження Меркурія по диску Сонця у вигляді чорної цяточки

Під час повного сонячного затемнення

4. Під час великого протистояння Землі і Марса експедиція прибула на Марс у районі екватора планети. Уночі два астронавти вийшли на поверхню. «Дивись, як сяє наша Земля, - казав один. – Вона найяскравіша на марсіанському небі». Чи відповідали б дійсності ці слова, якби така експедиція відбулася насправді? Відповідь поясніть.

Під час великого протистояння вночі із поверхні Марса побачити Землю неможливо, адже Земля знаходиться між Сонцем і Марсом, а нічна половина повернута від Сонця.

5. Яку планету здавна називали ранковою зіркою або вечірницею? Чому?

6. Які планети можна побачити неозброєним оком? Як їх відрізнити від зірок при їх спостереженнях довгий час?

7. Планет видно на відстані 100° (48°) від Сонця. Яка це планета: внутрішня чи зовнішня?

8. Яка конфігурація найкраща для спостереження Марсу (Меркурія)?

9. У протистоянні можуть спостерігатися такі планети...

10. У сполученні можуть перебувати такі планети...

11. Чому Меркурій важко побачити на небі, хоча він буває яскравішим ніж Сиріус?

12. Коли Юпітер видно на небі цілу ніч?

13. Які конфігурації не існують, а вигадані автором?

А) західна квадратура

Б) північна квадратура

В) верхнє протистояння

Г) нижнє протистояння

Д) південна елонгація

Е) верхнє проходження.

14. Якщо планета знаходиться в протистоянні, чи видно її на небі ввечері, після настання темряви? Чи видно її перед ранком, до світання?

15. Ми спостерігаємо Марс в східній квадратурі. В якій конфігурації при цьому спостерігається Земля із Марсу?

■ІІІ. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ. МОТИВАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Проблемна бесіда

1. Як ви вважаєте чому нашу планетну систему називають Сонячною?

2. Які планети Сонячної системи ви знаєте? Які планети, спостерігали на зоряному небі?

Неозброєним оком можна побачити п'ять планет — Меркурій, Венеру, Марс, Юпітер і Сатурн. Планету за зовнішнім виглядом не легко відрізнити від зорі, але під час спостереження добового обертання зоряного неба, планети рухаються дивно: то зі сходу на захід, то із заходу на схід. Це пояснюється тим, що ми спостерігаємо рух планет не з нерухомої Землі, а із Землі, що обертається навколо Сонця. Рух всіх планет Сонячної системи можна спостерігати на небесній сфері, поблизу екліптики.

3. За якими траєкторіями рухаються планети Сонячної системи?

■ ІV. ПОВІДОМЛЕННЯ ТЕМИ, МЕТИ ТА ЗАВДАНЬ УРОКУ.

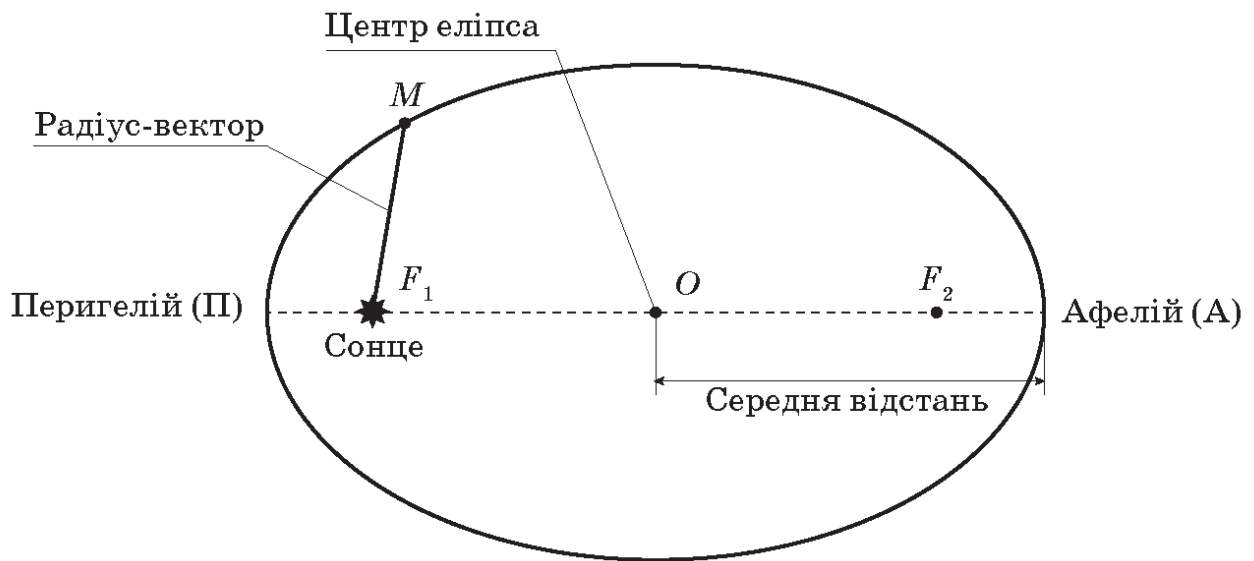
■ V. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Закони Кеплера

Багато років вивчаючи рух Марса, Кеплер експериментально відкрив три закони руху планет, ще не розуміючи, чому планети рухаються так, а не інакше. (Тихо Браге, наставник Кеплера, передав своєму учневі дані десятирічних спостережень за рухом Марса.) Це сталося за більш ніж п'ятдесят років до відкриття Ньютоном закону всесвітнього тяжіння, який не тільки зумовлює рух планет у Сонячній системі, але й визначає взаємодію зір у галактиці. Усі три закони Кеплера є наслідками закону тяжіння.

Перший закон Кеплера. Усі планети Сонячної системи обертаються навколо Сонця по еліптичних орбітах, в одному з фокусів яких перебуває Сонце. (рис.)

(Під дією сили тяжіння одне небесне тіло рухається в полі тяжіння іншого небесного тіла по одному з конічних перерізів — колу, еліпсу, параболі або гіперболі.)



Головним наслідком першого закону Кеплера : відстань між планетою і Сонцем не залишається сталою і змінюється. Найближча до Сонця точка орбіти - перигелій(3-4 січня, відстань до Сонця 147 млн. км.), найвіддаленіша — афелій (3-4 липня, відстань до Сонця 153 млн. км). Орбіта Землі майже не відрізняється від кола, тому відстань від Землі до Сонця змінюється в невеликих межах.

Супутники планет також рухаються по еліптичних орбітах, причому у фокусі кожної орбіти розміщується центр відповідної планети. У Цьому випадку висота супутника над поверхнею планети змінюється від апогею до перигею (перигелій і афелій для супутника).

У реальних умовах жодна планета не рухається по еліптичній траєкторії, бо закони Кеплера справедливі лише для двох тіл, які обертаються навколо спільного центра мас. А у Сонячній системі навколо Сонця обертаються планети та безліч малих тіл, тому кожний цей об'єкт притягається між собою одночасно. Крім того, орбіта небесного тіла також залежить від швидкості у певній точці простору. За таких обставин, рух кожної планети стає досить складним, такий рух називають збуреним. Завдяки дослідженням збурення орбіти Урана, було теоретично завбачено існування Нептуна.

Другий закон Кеплера. Радіус-вектор планети за однакові проміжки часу описує рівні площі: швидкість руху планет максимальна в перигелії й мінімальна в афелії.

Наслідком цього закону є факт, чим ближче планета до Сонця, тим швидше вона рухається. Його дуже легко перевірити, порахувавши тривалість півріччя між двома рівноденнями – вона різна, і як наслідок, взимку швидкість Землі більша(30,38 км/с), а влітку менша,(29,36 км/с), ось чому літо в Північній півкулі триває довше ніж у Південній.

Йоганн Кеплер намагався знайти залежність між розмірами орбіт різних планет і часом їх обертання навколо Сонця. 15 травня 1618 р. після безлічі невдалих спроб Кеплер встановив нарешті дуже важливе співвідношення.

Третій закон Кеплера. Квадрати сидеричних періодів обертання планет навколо Сонця відносяться як куби великих півосей їх орбіт.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

T_1 і T_2 - сидеричні періоди обертання будь-яких планет a_1 і a_2 – великі півосі орбіт планет.

Застосування: обчислення періоду обертання тіла, знаючи його велику піввісь, для визначення періоду обертання навколо Землі супутників, космічних кораблів або обчислення часу польоту міжпланетних станцій на інші планети Сонячної системи.

2. Закон Всесвітнього тяжіння

Ісаак Ньютон довів, що фізичною основою законів Кеплера є фундаментальний закон всесвітнього тяжіння, який не тільки зумовлює рух планет у Сонячній системі, а й визначає взаємодію зір у Галактиці. У 1687 р. І. Ньютон сформулював цей закон так: *Будь-які два тіла з масами M і m притягуються із силою, величина якої пропорційна добутку їхніх мас та обернено пропорційна квадрату відстані між ними* (рис.2)

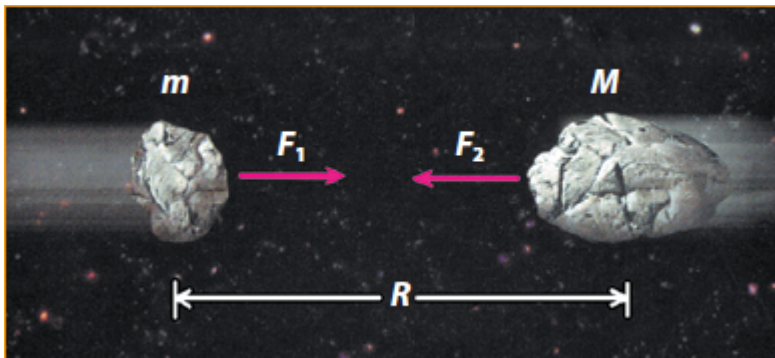


Рис. 2

густина всередині розподілена симетрично відносно центра, то масу такого тіла можна вважати за матеріальну точку, яка розміщується в центрі сфери. Наприклад, якщо космічний корабель обертається навколо Землі, то для визначення сили, з якою корабель притягується до Землі, беруть відстань $R + H$ до центра Землі, а не до поверхні. (рис. 3)

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

Формула справедлива тільки для двох матеріальних точок.

Якщо тіло має сферичну форму і

$$F = G \frac{mM}{(R + H)^2}$$

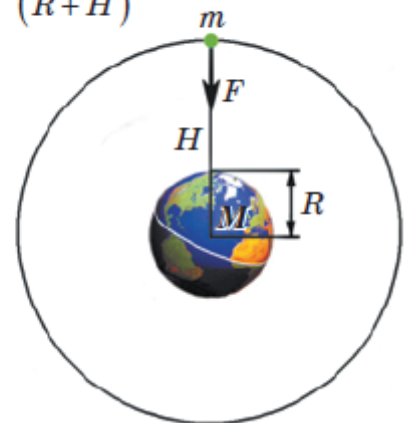


Рис. 3

3. Визначення розмірів тіл Сонячної системи

Під час спостереження небесних тіл Сонячної системи можна виміряти кут, під яким їх видно спостерігачеві із Землі. Знаючи кутовий радіус світила ρ (рис.4) і

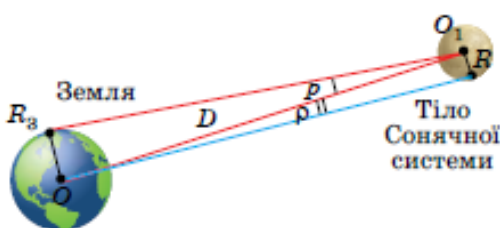


Рис. 4

відстань D до світила, можна обчислити лінійний радіус R цього світила за формулою: $R = D \sin \rho$. За визначенням горизонтального паралакса, радіус Землі R видно зі світила під кутом ρ , тоді

одержимо: $R = \frac{\sin \rho}{\sin \rho'} R$. Оскільки значення кутів

ρ і ρ' малі, тоді остаточно маємо: $R = \frac{\rho''}{\rho'''} R$.

Визначити розміри небесних тіл таким способом можна тільки тоді, коли видно їхні диски.

4. Визначення маси небесних тіл

Однією з найважливіших характеристик небесного тіла є його маса. Закон всесвітнього тяжіння дає змогу визначати масу Землі та інших небесних тіл шляхом вимірювання сили тяжіння на його поверхні (гравіметричний спосіб). Визначимо масу Землі використовуючи даний спосіб.

На тіло масою m , що перебуває поблизу поверхні Землі, діє сила тяжіння $F = mg$, де g – прискорення вільного падіння. Якщо тіло рухається тільки під дією сили тяжіння, то використовуючи закон всесвітнього тяжіння, прискорення вільного падіння дорівнює $g = G \frac{M}{R^2}$ і спрямоване до центру Землі.

Отже, знаючи, що прискорення вільного падіння $g = 9,81 \frac{m}{c^2}$,

$G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ і радіус Землі $R = 6370 \text{ км}$, можна обчислити масу

Землі за формулою $M = \frac{gR^2}{G} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

Визначення маси небесних тіл, з використанням узагальненого третього закону Кеплера

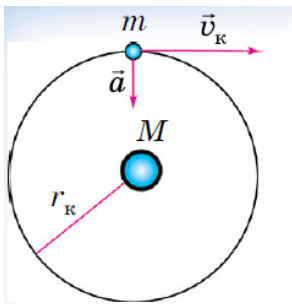


Рис. 5

Перевіримо виконання третього закону Кеплера для випадку колового руху планети зі швидкістю v_k .

Нехай тіло масою m рухається з лінійною швидкістю v_k навколо тіла M ($m \ll M$) по колу радіуса r_k (рис.5). Це можливо, якщо рух відбувається під дією сили, що створює доцентрове прискорення $a = \frac{v_k^2}{r_k}$.

Силою, що створює прискорення, є сила тяжіння,

$$F_{\text{тяж}} = \frac{GMm}{r_k^2}. F_{\text{тяж}} = ma, \text{ тому прискорення створюване}$$

тяжінням $a = \frac{GM}{r_k^2}$, тоді маємо $v_k^2 = \frac{GM}{r_k}$. Якщо період обертання тіла m навколо тіла

M становить час T , то лінійна швидкість руху цього тіла по орбіті дорівнює

$$v_k = \frac{2\pi r_k}{T}, \text{ після підстановки в останню формулу, одержимо: } \left(\frac{2\pi r_k}{T} \right)^2 = \frac{GM}{r_k}$$

$$\frac{4\pi^2 r_k^2}{T^2} = \frac{GM}{r_k} \quad \frac{r_k^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}.$$

Для еліптичного руху це рівняння також справджується, якщо замість радіуса кола r_k підставити значення більшої півосі a еліптичної орбіти.

У такому випадку одержимо відношення: $\frac{a^3}{T^2 M} = \frac{G}{4\pi^2}$, яке можна сформулювати так: **відношення куба великої півосі орбіти тіла до квадрата періоду його обертання та маси центрального тіла є величина стала.**

Якщо масою m меншого тіла не можна знехтувати порівняно з масою M центрального тіла, то в третій закон Кеплера, як показав Ньютон замість маси M увійде сума мас $(M + m)$, і останнє співвідношення запишеться у вигляді:

$$\frac{a^3}{T^2(M+m)} = \frac{G}{4\pi^2}.$$

Узагальнивши це рівняння для двох небесних тіл масами M_1 , і M_2 одержимо

Третій узагальнений закон Кеплера:

$$\frac{T_1^2(M_1+m_1)}{T_2^2(M_2+m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Квадрати сидеричних періодів супутників (T_1^2 і T_2^2), помножені суму мас головного тіла й супутника ($M_1 + m_1$ і $M_2 + m_2$), відносяться як куби великих півосей орбіт супутників (a_1^3 і a_2^3).

На основі уточненого Ньютоном третього закону можна обчислити маси планет, що мають супутники, а також обчислити масу Сонця. Третій закон Кеплера також можна для визначення мас подвійних зір.

Маси планет, що не мають супутників, можуть бути визначені за збуреннями, які вони породжують у русі Землі, Марса, астероїдів, комет, а також за їхніми взаємними збуреннями.

VI. ФОРМУВАННЯ ВМІНЬ І НАВИЧОК

Задачі

1. При спостереженні проходження Меркурія по диску Сонця визначили, що його кутовий радіус дорівнює $5,5''$, а горизонтальний паралакс - $14,4''$. Чому дорівнює лінійний радіус Меркурія?

$$R = \frac{\rho''}{p''} R = \frac{5,5''}{14,4''} \cdot 6371,0 \text{ км} = 2433 \text{ км}.$$

2. Визначте кутовий радіус Марса в протистоянні, якщо його лінійний радіус 3398 км, а горизонтальний паралакс $18''$.

$$R = \frac{\rho''}{p''} R, \quad \rho'' = \frac{R p''}{R} = \frac{3398 \text{ км} \cdot 18''}{6371 \text{ км}} = 9,6''.$$

3. Обчисліть період обертання Нептуна навколо Сонця, знаючи, що його середня відстань від Сонця дорівнює 30 а. о.

Запишемо 3-й закон Кеплера: $\frac{T_n^2}{T_3^2} = \frac{a_n^3}{a_3^3}$ T_n – зоряний період Нептуна; a_n – середня відстань від Сонця (більша піввісь орбіти); T_3 – зоряний період Землі; a_3 – більша піввісь земної орбіти (1 а. о.).

$$T_n = \sqrt{\frac{T_3^2 a_n^3}{a_3^3}} = T_3 \sqrt{\frac{a_n^3}{a_3^3}} = 1 \sqrt{\frac{30^3}{1^3}} = \sqrt{27000} \approx 164,32 \text{ роки}.$$

4. Як зміниться період обертання тіла навколо Сонця, якщо його велика піввісь збільшиться вдвічі?

Згідно III закону Кеплера періоди обертання і великі півосі орбіт планет пов'язані співвідношенням $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$, за умовою $a_2 = 2a_1$, маємо $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{8a_1^3}$

$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{1}{8}$, $8T_1^2 = T_2^2$, то $T_2 = \sqrt{8T_1^2} = \sqrt{8}T_1 = 2\sqrt{2}T_1$. Отже період збільшиться в $2\sqrt{2}$ рази.

5. Два тіла з різними масами обертаються навколо Сонця по орбітах з однаковими за значеннями великими півосями. Період обертання якого з тіл більший? Чи, можливо, ці періоди однакові?

Згідно уточненого закону Кеплера $\frac{T_1^2(M+m_1)}{T_2^2(M+m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$, оскільки $a_1 = a_2$, то $T_1^2(M+m_1) = T_2^2(M+m_2)$ чим більша маса, тим менший період. Враховуючи, що m_1 і $m_2 \ll M$, то зміна періоду практично буде незначною. Період обертання більший у того тіла, у якого маса менша. Неможливо.

6. Знайдіть масу Сонця в масах Землі. (див. Презентацію)

Додаткові задачі

1. Супутники Фобос і Деймос обертаються навколо Марса на середній відстані від поверхні планети відповідно 9400 км та 23 500 км, що становить 2,76 та 6,9 радіуса Марса. Обчисліть відношення періодів обертання цих супутників навколо Марса.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_d^2}{T_\phi^2} = \frac{(6,9R_m)^3}{(2,76R_m)^3} = \left(\frac{6,9R_m}{2,76R_m}\right)^3 = 2,5^3 = 15,625 \quad \frac{T_d^2}{T_\phi^2} = 15,625$$

$$\frac{T_d}{T_\phi} = \sqrt{15,625} = 2,5\sqrt{2,5} \approx 2,5 \cdot 1,58 = 3,95.$$

2. Навколо Землі обертаються два штучних супутники. Мінімальна відстань від першого супутника до поверхні Землі становить 700 км, а максимальна — 2500 км. Для другого супутника - відповідно 2200 км та 5000 км. Знайдіть відношення періоду обертання навколо Землі другого супутника до періоду обертання першого супутника.

$$a_1 = \frac{700+2500}{2} = 1600 \text{ (км)} \quad a_2 = \frac{2200+5000}{2} = 3600 \text{ (км)}, \text{ згідно III закону}$$

Кеплера $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$, маємо $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{3600^3}{1600^3} = \left(\frac{3600}{1600}\right)^3 = \left(\frac{9}{4}\right)^3 = \frac{729}{64}$; $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{729}{64}$;

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{729}{64}} = \frac{\sqrt{729}}{\sqrt{64}} = \frac{\sqrt{81 \cdot 9}}{\sqrt{64}} = \frac{9 \cdot 3}{8} = \frac{27}{8}.$$

VII. ПІДСУМОК УРОКУ

Поміркуємо

1. Який закон визначає форму орбіт планет? Сформулюйте його.

Перший закон Кеплера визначає форму орбіти планети. Кожна планета обертається по еліпсу, в одному з фокусів якого міститься Сонце.

2. Відомо, що планети обертаються навколо Сонця по еліптичних орбітах. А по яких орбітах обертаються навколо планет їхні супутники?

Супутники планет рухаються по еліптичних орбітах, причому у фокусі кожної орбіти розміщено центр відповідної планети

3. Який із законів визначає зміну швидкості руху тіла по еліптичній орбіті на різних відстанях від Сонця? Сформулюйте його

II закон Кеплера. Радіус вектор планети за рівні проміжки часу описує рівні площі. Лінійна швидкість руху планети неоднакова в різних точках її орбіти. Швидкість планети під час її руху по орбіті тим більша, чим ближче вона до Сонця.

4. Який із законів визначає залежність періоду обертання планет навколо Сонця від розміру орбіт? Сформулюйте його

III закон Кеплера. Квадрати сидеричних періодів обертання планет навколо Сонця відносяться як куби великих півосей їх орбіт:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

5. В яких точках орбіти, планета має найбільшу і найменшу лінійну швидкість руху?

Найбільшу швидкість планета має в перигелії, коли відстань до Сонця найменша, а найменшу - в афелії, коли відстань найбільша.

6. У яку пору року лінійна швидкість Землі по орбіті максимальна?

Найбільшу швидкість планета має в перигелії, коли відстань до Сонця найменша – взимку.

7. Два тіла обертаються навколо Сонця по майже колових орбітах з істотно різними періодами. Яке з цих тіл рухається ближче до Сонця?

Згідно із III законом Кеплера, тобто чим більший період, тим більший радіус обертання, а відповідно і відстань до Сонця. Ближча та планета у якої період обертання менший.

8. За допомогою якого закону і як можна довести, що період обертання Венери навколо Сонця менший від періода обертання Марса?

Це впливає із III закону Кеплера. Оскільки велика піввісь орбіти Марса більша, ніж у Венери, то й період його обертання навколо Сонця більший.

9. Якою має бути форма орбіти тіла, щоб воно мало сталу орбітальну швидкість руху?

Форма орбіти повинна бути коловою

Рефлексія

- На уроці я зрозумів ...
- Сьогодні я навчився ...
- На уроці найцікавішим було ...
- На уроці мені було найважче ...
- Сьогодні на уроці я не зрозумів ...
- У мене виникло запитання ...

VII. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Прочитати тема 4

Підготувати повідомлення, буклети, бюлетені, презентації на одну із тем:

- Життя й наукова діяльність Й. Кеплера.

- Життя й наукова діяльність І. Ньютона.
- Конічні перерізи та їх застосування в астрономії
- К. Е. Ціолковський — засновник теоретичної космонавтики.
- Життя й діяльність Ю. В. Кондратюка.
- С. П. Корольов — засновник практичної космонавтики.