

**Завдання II етапу Всеукраїнської олімпіади з астрономії
(2017-2018 навчальний рік)
Теоретичний тур**

Завдання 1 (10 клас)

У 1609 році відомий італійський учений Галілей побудував телескоп та вперше використав його для спостереження за небесними тілами.

А) Які три відкриття зробив Галілей за допомогою свого телескопа?

Б) Чому в телескоп стають видимі такі деталі місячної поверхні, які не можна побачити неозброєним оком? Чому в телескоп можна побачити ще більш слабкі зорі, ніж ті, які видно неозброєним оком?

В) До винаходу телескопа об'єкти глибокого космосу не були доступні для спостереження, окрім галактики М31 у сузір'ї Андромеди, яку можна бачити неозброєним оком. Як далеко від нас ця галактика? Сучасні телескопи фотографують галактики, віддалені на 13 мільярдів світлових років. У скільки разів збільшився об'єм спостережуваного Всесвіту?

Розв'язок

А)

Завдяки спостереженням у свій телескоп Галілео Галілей:

1) відкрив чотири основні супутники Юпітера (Іо, Європа, Ганімед і Каллісто) та їх рух навколо планети;

2) виявив фази Венери та доказав, що планета світиться відбитим світлом від Сонця;

3) виявив обертальний рух Сонця навколо своєї осі, спостерігаючи сонячні плями;

4) Чумацький Шлях складається з безлічі окремих зірок.

Б)

У телескоп стають видимі такі деталі місячної поверхні, які не можна побачити неозброєним оком, тому що телескоп збільшує видимий кутовий розмір спостережуваних об'єктів. Збільшення є важливою особливістю телескопа. Здатність розрізняти деталі космічних об'єктів з малими кутовими розмірами пов'язана з такою його характеристикою як роздільна здатність.

У телескоп можна побачити ще більш слабкі зорі, ніж ті, які видно неозброєним оком, тому що телескоп має таку характеристику як проникаюча здатність. Оскільки об'єктів телескопа має значно більші розміри, ніж зіниця людського ока, то в нього потрапляє набагато більше світла від зірки, яке концентруючись в окулярі телескопа потрапляє на зіницю ока.

В)

Галактика М31 у сузір'ї Андромеди знаходиться на відстані приблизно 2,5 мільйонів світлових років, тобто $R = 2,5 \cdot 10^6$ св. р.

Об'єм спостережуваного Всесвіту до винаходу телескопа – $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Об'єм сучасного спостережуваного Всесвіту $V_c = \frac{4}{3}\pi r^3$, де $r = 13 \cdot 10^9$ св. р.

$$\text{Отже, } \frac{V_c}{V} = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{R^3}{r^3} \approx 140,6 \cdot 10^9 \text{ раз.}$$

Завдання 2 (10,11 клас)

17 січня 2016 року комета C/2013 US10 (Catalina) наблизилася до Землі на мінімальну відстань. При цьому її горизонтальний паралакс дорівнював $12,0''$. 18 березня цього ж року паралакс комети дорівнював $4,0''$. З якою середньою швидкістю (у кілометрах за секунду) відносно Землі рухалася комета за цей проміжок часу?



Розв'язок

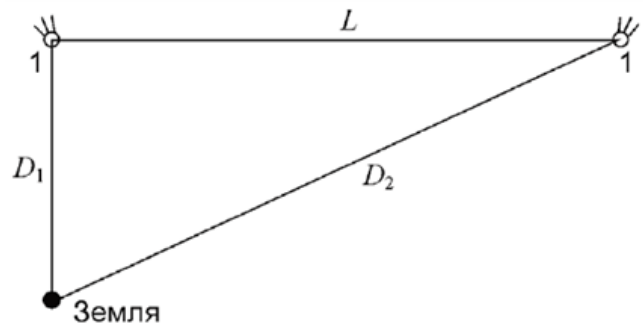
Відстані від комети до Землі у вказані дні:

$$D_1 = \frac{R}{p_1} = \frac{206265 \cdot 6378}{12} = 0,73 \text{ а. о.};$$

$$D_2 = \frac{R}{p_2} = \frac{206265 \cdot 6378}{4} = 2,2 \text{ а. о.},$$

де $R = 6378$ км – радіус Землі.

Час між цими датами $t = 61$ день, що набагато менше року, тому можна вважати траєкторію комети прямою лінією. З малюнка середня



геоцентрична швидкість комети $v = \frac{L}{t} = \frac{\sqrt{D_2^2 - D_1^2}}{t} \approx 59$ км/с.

Завдання 3 (10, 11 клас)

Супутник, який рухається по коловій екваторіальній орбіті в напрямку обертання планети, проходить над станцією спостереження 5 разів за зоряну добу. Над станцією спостереження також проходить другий супутник, який рухається по полярній коловій орбіті. Обидва супутники мають однакові радіуси орбіт. Скільки разів другий супутник пролетить над станцією спостереження? Вважайте, що планета має форму кулі. Впливом інших тіл на рух супутників знехтуйте.

Розв'язок

Позначимо зоряну добу як T_E . Синодичний період обертання супутника дорівнює $S = \frac{T_E}{5}$. Із рівняння синодичного руху $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_E}$ можемо розрахувати період обертання супутника: $\frac{1}{T} = \frac{1}{S} + \frac{1}{T_E} = \frac{T_E + S}{T_E S} \rightarrow T = \frac{T_E S}{T_E + S} = \frac{1}{6} T_E$.

Цей період буде однаковий для обох супутників, оскільки радіуси їх орбіт однакові. Полярний супутник може пройти над станцією спостереження тільки тоді, коли він пересікає площину екватора. Ця подія може відбутися лише в два моменти зоряної доби, коли станція спостереження також проходить через площину орбіти полярного супутника.

Нехай в деякий момент часу полярний супутник проходить над станцією спостереження. Через половину зоряної доби станція знову перетне площину орбіти полярного супутника, але з протилежної сторони. За цей час

екваторіальний супутник зробить три повних оберти й потрапить в «початкове» положення, але воно не буде знаходитися над поточним положенням станції спостереження. Оскільки період супутника в парне число раз менше за період обертання планети, він не може пройти над станцією в точці, протилежній початковій. Через зоряну добу після початкового моменту супутник зробить 6 обертів і знову опиниться в початковому положенні над станцією. Отже, він буде проходити над станцією 1 раз за зоряну добу.

Завдання 4 (10, 11 клас)

Астероїд Веста обертається навколо Сонця по орбіті, велика піввісь якої $a = 2,36$ а. о. Визначте період обертання астероїда навколо Сонця.

Розв'язок

За третім законом Кеплера: $\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3 = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$. Звідси $T_2 = T_1 \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{\frac{3}{2}}$.

Оскільки період обертання Землі $T_1 = T_{\oplus} = 1$ рік, а її велика піввісь $a_1 = a_{\oplus} = 1$ а. о., то для Вести $T_2 = T_{\oplus} \left(\frac{a_2}{a_{\oplus}}\right)^{\frac{3}{2}} = 3,63$ роки.

Завдання 5 (11 клас)

Два космічні апарати відлітають з Землі в протилежних напрямках з однаковими швидкостями відносно Землі. На одному з них розміщено джерело випромінювання, а на іншому – приймач. Приймач зафіксував, що випромінювання до нього прийшло на іншій довжині хвилі. Відхилення довжини хвилі $\Delta\lambda$ дорівнює 0,1 частини від самої довжини хвилі λ . Визначте швидкість апаратів відносно Землі.

Розв'язок

Відхилення довжини хвилі достатньо велике, але суттєво менше самої довжини хвилі. Тому використаємо класичну формулу для ефекту Доплера, вважаючи, що швидкості апаратів суттєво менші за швидкість світла. Швидкість віддалення апарата з приймачем від апарата з джерелом дорівнює $u = c \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$. Оскільки швидкості апаратів відносно Землі однакові й направлені в протилежні сторони, то їх значення дорівнюють $v = \frac{u}{2} = c \cdot \frac{\Delta\lambda}{2\lambda} = 15\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.

Практичний тур

У таблиці наведені дані з астрономічного календаря на 5 листопада 2017 року. Які з цих планет можна буде спостерігати в ніч з 4 на 5 листопада неозброєним оком при ясній погоді: а) на Північному полюсі; б) на Південному полюсі?

	Пряме сходження, α	Небесне схилення, δ	Видима зоряна величина, m	Видимий кутовий діаметр, d
Меркурій	$15^h 44.7^m$	$-21^\circ 38'$	-0.3^m	$5.1''$
Венера	$13^h 23.2^m$	$-7^\circ 09'$	-3.8^m	$10.4''$
Марс	$12^h 23.2^m$	$-1^\circ 16'$	1.8^m	$3.9''$
Юпітер	$14^h 11.0^m$	$-12^\circ 07'$	-1.7^m	$28.87''$
Сатурн	$17^h 36.7^m$	$-22^\circ 20'$	0.6^m	$13.75''$
Уран	$1^h 37.4^m$	$9^\circ 30'$	5.7^m	$3.72''$
Нептун	$22^h 53.5^m$	$-8^\circ 05'$	7.8^m	$2.30''$
Плутон	$19^h 15.3^m$	$-21^\circ 46'$	14.0^m	$0.1''$

Розв'язок

На Північному полюсі висота світил над горизонтом точно відповідає величині їх небесного схилення. Тому з усіх планет може бути видимим лише Уран. Також необхідно врахувати, що 4 листопада на Північному полюсі уже почалася полярна ніч, тому Уран буде видимим неозброєним оком на чистому небі.

На Південному полюсі всі планети, окрім Урану, знаходяться над горизонтом, але там зараз полярний день. Тому жодна планета не буде видима.